

**ROBINSON ROLIM RESSETTI**

**DETERMINAÇÃO DA DOSE DE ALIL ISOTIOCIANATO EM  
SUBSTITUIÇÃO À SOLUÇÃO DE FORMOL NA EXTRAÇÃO DE  
OLIGOCHAETA EDÁFICOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Jair Alves Dionísio.

Co-orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos V. Motta.

**CURITIBA**

**2004**



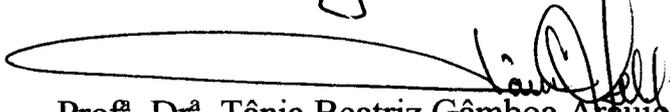
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)  
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-350-5648  
Página: [www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/](http://www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/)  
E-mail: [pgcisolo@ufpr.br](mailto:pgcisolo@ufpr.br)

## P A R E C E R

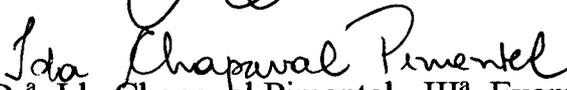
Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" para realizar a argüição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **ROBINSON ROLIM RESSETTI**, sob o título "**Determinação da dose de Alil Isotiocianato em substituição à solução de formol na extração de Oligochaeta edáficos**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüido o candidato, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba, 14 de junho de 2004.

  
Prof. Dr. Jair Alves Dionísio, Presidente.

  
Profª. Drª. Tânia Beatriz Gâmboa Araújo Morselli, Iª Examinadora.

  
Prof. Dr. Antonio Carlos Vargas Motta, IIº Examinador.

  
Profª. Drª. Ida Chapaval Pimentel, IIIª Examinadora.



“O maior conhecimento dos fatos materiais é totalmente compatível com o maior conhecimento das verdades espirituais.” Rudolf Steiner, Ph.D.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Ariel e Nizette, que com muito amor e sacrifício sempre investiram na formação de seus filhos.

Ao Prof. Dr. Jair Alves Dionísio, pelo convite para realizar esse curso de mestrado e liberdade concedida na elaboração dessa dissertação.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da UFPR, Área de Concentração Ciência do Solo, na pessoa do Prof. Dr. Vander de Freitas Melo, pela acolhida.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos V. Motta, por todo o apoio e assistência.

Ao Jörg Römbke, Ph.D., Diretor da ECT Oekotoxikologie GmbH, Alemanha, pela assistência e referências disponibilizadas.

Ao Sr. Roelof Rabbers, proprietário da Fazenda Onça (Castro, PR), pela oportunidade de realização dessa pesquisa em sua propriedade.

Ao Rogério, administrador da Fazenda, por todo o apoio logístico.

Aos funcionários Osvaldo, Miguel, Ednilson, Almir, Rezael e Claudemir, pelo companheirismo e à Derli pelas refeições.

Ao menino Thiago, pelo espírito elevado e auxílio na coleta dos dados.

Ao Rolinho, pelo auxílio remunerado na coleta dos dados.

Aos Professores e Funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR.

Aos colegas de mestrado conscientes de seu papel na sociedade.

Ao Sebastian Koom, pela sintonia com a vida.

## SUMÁRIO

	<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	v
	<b>RESUMO</b> .....	vi
	<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2</b>	<b>REVISÃO</b> .....	3
2.1	COMUNIDADES DE MINHOCAS .....	3
2.2	GRUPOS ECOLÓGICOS E INSUMOS .....	4
2.3	INFLUÊNCIA DAS MINHOCAS NAS CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO SOLO .....	6
2.4	ECOSSISTEMAS E MANEJO DO SOLO .....	10
2.5	ESPÉCIES MAIS COMUNS DE MINHOCAS E DISTRIBUIÇÃO .....	12
2.6	MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE OLIGOCHAETA EDÁFICOS .....	13
2.7	DENSIDADE POPULACIONAL E BIOMASSA .....	16
2.8	DEJETOS DE SUÍNOS E DENSIDADE POPULACIONAL E BIOMASSA .....	22
2.9	TAXONOMIA DOS OLIGOCHAETA EDÁFICOS .....	26
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	29
3.1	ECOSSISTEMAS .....	29
3.2	EXTRAÇÃO DOS OLIGOCHAETA EDÁFICOS .....	30
3.2.1	Extração com formol .....	30
3.2.2	Extração com AITC .....	31
3.3	ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS.....	32
3.4	IDENTIFICAÇÃO DOS OLIGOCHAETA EDÁFICOS .....	33
3.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	33
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	34
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	37
5.1	DENSIDADE POPULACIONAL, BIOMASSA E BIOMASSA MÉDIA .....	37
5.2	FAMÍLIAS DE OLIGOCHAETA EDÁFICOS .....	42
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	46
<b>7</b>	<b>RECOMENDAÇÕES</b> .....	46
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	47
	<b>ANEXOS</b> .....	56

## LISTA DE TABELAS

1. DENSIDADE POPULACIONAL E BIOMASSA DE MINHOCAS OBTIDAS EM DIFERENTES TRABALHOS POR DIFERENTES MÉTODOS .....	18
2. DENSIDADE POPULACIONAL E BIOMASSA DE MINHOCAS OBTIDAS EM TRABALHOS NO PARANÁ POR DIFERENTES MÉTODOS.....	20
3. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SOLOS NOS ECOSSISTEMAS PLANTIO DIRETO, PASTAGEM PERENE E MATA, NA PROFUNDIDADE DE 0-15 cm, CASTRO (PR) .....	32
4. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS SOLOS NOS ECOSSISTEMAS PLANTIO DIRETO, PASTAGEM PERENE E MATA, NA PROFUNDIDADE DE 0-15 cm, CASTRO (PR) .....	32
5. RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A EXTRAÇÃO DE MINHOCAS (ind m <sup>-2</sup> E g m <sup>-2</sup> ) PARA OS TRÊS ECOSSISTEMAS (PLANTIO DIRETO, PASTAGEM PERMANENTE E MATA) E OS QUATRO EXTRATORES (FORMOL, AITC 50, AITC 100 E AITC 150 mg L <sup>-1</sup> ), CASTRO (PR) .....	34
6. DENSIDADE POPULACIONAL, BIOMASSA E BIOMASSA MÉDIA OBTIDAS COM OS EXTRATORES FORMOL NA DOSE DE 2,2 g L <sup>-1</sup> E AITC NAS DOSES DE 50, 100 E 150 mg L <sup>-1</sup> EM TRÊS ECOSSISTEMAS DISTINTOS (PLANTIO DIRETO, PASTAGEM PERENE E MATA), CASTRO (PR), 2003 .....	35
7. RELAÇÃO ENTRE A DENSIDADE POPULACIONAL DOS OLIGOCHAETA EDÁFICOS CLITELADOS:ACLITELADOS (EM %) OBTIDA COM OS EXTRATORES FORMOL 2,2 g L <sup>-1</sup> E AITC NAS DOSES DE 50, 100 E 150 mg L <sup>-1</sup> , CASTRO (PR), 2003 .....	36
8. OCORRÊNCIA DAS DIFERENTES FAMÍLIAS DE OLIGOCHAETA NOS ECOSSISTEMAS AVALIADOS, COM OS EXTRATORES FORMOL 2,2 g L <sup>-1</sup> E AITC NAS DOSES DE 50, 100 E 150 mg L <sup>-1</sup> , CASTRO (PR), 2003 .....	36
9. OCORRÊNCIA DAS DIFERENTES ESPÉCIES DE OLIGOCHAETA EDÁFICOS NOS ECOSSISTEMAS AVALIADOS EM FUNÇÃO DA SOLUÇÃO EXTRATORA UTILIZADA .....	36

## RESUMO

A solução de formol é o extrator mais utilizado na amostragem de Oligochaeta edáficos, mesmo apresentando riscos potenciais aos seres humanos e ao meio ambiente. O reagente Alil isotiocianato (AITC), fitocomplexo da mostarda sintetizado em laboratório, foi testado em condições de clima temperado. Entretanto, não existem dados de sua utilização no Brasil. Esse trabalho teve por objetivo avaliar a eficácia de diferentes doses de AITC em relação à solução de formol 2,2 g L<sup>-1</sup> sob diferentes sistemas de uso do solo no início do verão. O experimento foi realizado em uma fazenda localizada no Município de Castro (PR), no período de 16 a 23 de dezembro de 2003. Os três ecossistemas selecionados foram: 1) um talhão de plantio direto também utilizado para pastejo; 2) pastagem perene; 3) mata subtropical perenifólia. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com doze tratamentos e sete repetições. Os tratamentos representaram o arranjo fatorial de três doses de AITC (50, 100 e 150 mg L<sup>-1</sup>) e uma de formol 2,2 g L<sup>-1</sup> testadas nos três diferentes ecossistemas para determinação da densidade populacional e biomassa de minhocas. Foram comparadas as médias dos diferentes tratamentos pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. No talhão de plantio direto, o AITC 50 mg L<sup>-1</sup> apresenta a maior eficiência na obtenção da densidade populacional (144 ind m<sup>-2</sup>) e biomassa (26,3 g m<sup>-2</sup>) que a solução de formol (123,4 ind m<sup>-2</sup> e 21,7 g m<sup>-2</sup>, respectivamente). Na pastagem perene e na mata, a solução de formol apresenta maior eficácia. Foram encontrados Oligochaeta edáficos das famílias Megascolecidae, Octochaetidae e Lumbricidae. O AITC pode ser promissor na determinação da densidade populacional e biomassa em sistemas de plantio direto. Os resultados variam com a concentração da solução extratora e o ecossistema avaliado.

Palavras-chave: minhoca, extração, formol, AITC, densidade, biomassa.

## ABSTRACT

Formalin is the commonest substance used in the world to extract earthworm from soil despite of harmful potential to human and for the environment. Allyl isothiocyanate (AITC), mustard oil, was tested under temperate climate condition. But, there is not record about its using for Brazilian soils. The work was established to evaluate the performance of different AITC rates compared to formalin, under different soil using at early summer. The test was established in a farm located at Castro county - Parana State – Brazil in the period of 16 to 23 December 2003. Three ecosystems were selected: 1) a field under no-tillage used for crop-livestock; 2) permanent grassing pasture; 3) native forest of araucaria. The treatments were two-factor completely randomized design of three AITC rates (50, 100 and 150 mg L<sup>-1</sup>) and one of formalin (2.2 g L<sup>-1</sup>) tested in each ecosystem in order to determine the density and earthworm biomass extracted. In no-tillage, AITC 50 mg L<sup>-1</sup> presented the highest efficiency in density (144 m<sup>-2</sup>), followed by formalin (123.4 m<sup>-2</sup>), AITC 100 (115.4 m<sup>-2</sup>) and AITC 150 (76.1 m<sup>-2</sup>). For biomass, AITC 50, 100 and 150 mg L<sup>-1</sup> extraction were superior to formalin (21.7 g m<sup>-2</sup>). In permanent pasture, formalin gave three and two fold more density and biomass than the other treatments, respectively. In the forest, formalin was superior to AITC rates tested. However, AITC 50 and 100 mg L<sup>-1</sup> were equivalents to formalin for biomass. Megascolecidae, Octochaetidae and Lumbricidae were the three Oligochaeta' families found in the experimental area. The mean biomass was also discussed in this paper. The AITC shall be promissory to determine density and biomass under no-till system. The results varied with extractor concentration and ecosystem.

Key-words: earthworm, extraction, formalin, AITC, density, biomass.

## 1 INTRODUÇÃO

A crise da biodiversidade é a perda dramática de espécies, habitats e interações ecológicas (McNELLY et al.<sup>1</sup> citados por FRAGOSO et al., 1999a). Apenas recentemente, quando ela adquiriu dimensões a pouco inimagináveis, é que se despertou à importância da preservação das diferentes espécies. Os insetos são os organismos de maior diversidade de espécies e passam boa parte de seu ciclo de vida no solo. E esse ambiente, do ponto de vista da biodiversidade, é o menos estudado.

As minhocas surgiram nesse planeta há 600 milhões de anos. Desde então, elas participam na formação e desenvolvimento da maior parte dos solos, atuando na constituição e conservação de sua fertilidade natural. Há 22 séculos, Aristóteles as denominou de “intestinos da terra” (SINNAEVE, 1999). A grande contribuição desses seres na formação e manutenção da fertilidade do solo é enfatizada por todos os pesquisadores capazes de perceber a importância de sua atividade. Como as minhocas não se encontram prontamente expostas, grande parte dos profissionais ligados diretamente às ciências agrárias não toma conhecimento de sua presença e muito menos de seu papel no ambiente.

Existem diferentes métodos físicos e químicos para se monitorar a qualidade do solo. Entretanto, o sistema vivo (“qualidade biológica”) não pode ser avaliado pelas propriedades pedológicas, mas sim por parâmetros biológicos (RÖMBKE e KALSCH<sup>2</sup> citados por RUF et al., 2003). É possível definir valores de referência específicos para muitos grupos da fauna do solo em uma determinada área (RÖMBKE et al.<sup>3</sup> citados por RUF et al., 2003). Segundo PAOLETTI (1999), as minhocas são consideradas um excelente indicador do tipo de uso e da qualidade do solo. Além dos fatores climáticos e propriedades intrínsecas do solo, a densidade populacional e biomassa de minhocas são influenciadas pelas práticas agrícolas, como revolvimento ou não do solo, intensidade de mecanização, manejo dos resíduos, utilização de fertilizantes químicos e agrotóxicos, adubação verde, orgânica e irrigação entre outras (EDWARDS, 1983).

---

<sup>1</sup> McNELLY, J.A.; MILLER, K.R.; REID, W.V.; MITTERMEIR, R.A.; WERNER, T.B. **Conserving the World's Biological Diversity**. Washington: WWF-US, 1990.

<sup>2</sup> RÖMBKE, J.; KALSCH, W. **Protokoll des Internationalen Fachgesprächs über “Ansätze für biologische Bewertungsstrategien und -konzepte im Bodenschutz”**. Bericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 2000.

<sup>3</sup> RÖMBKE, J.; BECK, L.; FÖRSTER, B.; FRÜND, H.-C.; HORAK, F.; RUF, A., ROSCICZEWSKI, K., SCHEURIG, M., WOAS, S. **Boden als Lebensraum für Bodenorganismen und die bodenbiologische Standortklassifikation**. Eine Literaturstudie. Texte und Berichte zum Bodenschutz, 4/97. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 1997.

Foram desenvolvidos diferentes métodos de amostragem para se avaliar a densidade populacional e biomassa de Oligochaeta edáficos. A extração por meio químico, que envolve a irrigação do solo com uma solução irritante, com posterior coleta das minhocas que emergem à superfície (RAW, 1959; EVANS e GUILD<sup>4</sup> citados por LEE, 1985c e ZABORSKI, 2003) é um método rápido e simples, podendo ser utilizado em diferentes condições.

Um dos extratores químicos de minhocas mais utilizados é uma solução de formol (ZABORSKI, 2003). Entretanto, o formol é um produto fitotóxico e carcinogênico e a legislação pode vir a impedir sua utilização como extrator (SCHMIDT et al., 2001). Como alternativa à utilização de formol, foi testada a eficiência de uma solução de alil isotiocianato (AITC), em diferentes concentrações, em relação ao formol e foi obtido êxito (ZABORSKI, 2003). Além da maior eficiência alcançada, foi enfatizada a maior segurança obtida para o aplicador e meio ambiente na amostragem de Oligochaeta edáficos.

O objetivo desse trabalho foi comparar doses diferentes de AITC com a solução de formol 2,2 g L<sup>-1</sup> (RAW, 1959) na extração de Oligochaeta edáficos nos ecossistemas plantio direto, pastagem perene e mata.

---

<sup>4</sup> EVANS, A.C., GUILD, W.J. Studies on the relationship between earthworms and soil fertility. I. Biological studies in the field. **Ann. Appl. Biol.**, v.34, p.307-330, 1947.

## 2 REVISÃO

### 2.1 COMUNIDADES DE MINHOCAS

As diferentes comunidades de minhocas são resultado de interações simultâneas entre diferentes variáveis ambientais e processos biológicos. As espécies reunidas em uma localidade são reflexo de seleção natural devido à predação, competição e mutualismo entre outros, de variações climáticas, características e propriedades do solo, cobertura vegetal e do histórico da área (RICKLEFS e SCHLUTER<sup>5</sup> citados por FRAGOSO et al., 1999b). Aliado a essas variáveis tem-se origem dos primeiros colonizadores, habilidade de migração, invasões de outras espécies e sua capacidade de sobrevivência e extinção de espécies nativas. As espécies peregrinas tornam-se exóticas quando a área geográfica de ocorrência não corresponde à área de distribuição original (BOUCHÉ, 1983; FRAGOSO et al., 1999a). Apenas um pequeno número de espécies nativas está presente em agroecossistemas tropicais. REYNOLDS<sup>6</sup> citado por FRAGOSO et al. (1999a) menciona que existem 3627 espécies de minhocas descritas no mundo, com uma média anual de 68 espécies sendo acrescentadas à lista. A maior parte das espécies desconhecidas se encontra nos trópicos. Já foram identificadas 20 espécies exóticas e 27 nativas ocorrendo em agroecossistemas na Ásia, África e América. Essas espécies têm uma ampla tolerância a variações climáticas e edáficas, com as espécies exóticas apresentando as maiores amplitudes (FRAGOSO et al., 1999a). Quase todas as minhocas exóticas apresentam reprodução partenogenética facultativa, o que significa a possibilidade de produção de casulos viáveis sem fertilização. Dessa maneira, apenas um indivíduo é capaz de estabelecer uma nova população (LEE<sup>7</sup> citado por FRAGOSO et al., 1999a). Por outro lado, as nativas apenas produzem casulos viáveis após fertilização, com raras exceções.

A dispersão de minhocas pelo homem é favorecida pelo transporte de mudas, solo aderido a implementos agrícolas e uso de solo como lastro em navios entre outros (GATES<sup>8</sup> citado por FRAGOSO et al., 1999a). A velocidade de dispersão ativa das minhocas européias é baixa, variando de 4 a 9 m ano<sup>-1</sup> dependendo da espécie e das condições

---

<sup>5</sup> RICKLEFS, R.; SCHLUTER, D. **Species Diversity in Ecological Communities**. Chicago: University Press, 1993.

<sup>6</sup> REYNOLDS, J. Earthworms of the world. **Global Biodiversity**, v.04, 11-16, 1994.

<sup>7</sup> LEE, K.E. Peregrine species of earthworms. In: BONVICINI, A.M.; OMODEO, P. **On Earthworms**. Modena: Mucchi, 1987. p.315-328.

<sup>8</sup> GATES, G E. Burmese earthworms. **Transactions of the American Philisophical Society**, v.62, n.07, p.01-326, 1972.

ambientais (LEE<sup>9</sup> citado por FRAGOSO et al., 1999a). Já para a *Pontoscolex corethrurus*, uma espécie de origem sul-americana (norte do Brasil e/ou Guianas), esse valor pode chegar a 16 m ano<sup>-1</sup> (GATES<sup>10</sup> citado por RIGHI, 1997; ISO/WD 23611-1, 2002). Entretanto, onde as minhocas se encontram estabelecidas, o percurso é muito maior.

Apesar das diferentes comunidades de minhocas ainda não terem sido totalmente caracterizadas, podem ser feitas algumas generalizações (LAVELLE, 1983):

- a) existe um número similar de espécies nos ecossistemas tropicais e temperados; e
- b) as espécies podem ser separadas em alguns grupos ecológicos que representam adaptações desenvolvidas para sobrevivência em diferentes habitats.

## 2.2 GRUPOS ECOLÓGICOS E INSUMOS

Devido a adaptações e função no ambiente, de modo geral observam-se cinco grupos ecológicos principais com distribuição local, regional ou mundial (LAVELLE, 1983; RIGHI, 1990, 1997; BROWN, 1995; BAROIS et al., 1999; CHAN, 2001):

- a) espécies epigêicas, que habitam e se alimentam no horizonte orgânico do solo ou em áreas com altas concentrações de matéria orgânica (M.O.) não humificada, importantes nos primeiros estádios de decomposição, são pigmentadas, não constroem túneis e tem tamanho reduzido (<15cm), sendo as mais utilizadas para a vermicompostagem (ex. *Eisenia fetida* e *Eudrilus eugeniae*);
- b) espécies anécicas, que habitam o solo e se alimentam de resíduos orgânicos e solo, incorporam resíduos orgânicos da superfície, constroem túneis verticais extensos e permanentes, importantes para o regime de água e trocas gasosas, são dorsalmente pigmentadas e tem maiores dimensões (>15cm);
- c) espécies endogêicas polihúmicas, que se alimentam de solo fértil com alto teor de M.O., habitando o horizonte A, não apresentam pigmentação, constroem túneis horizontais e tem tamanho reduzido (<15cm);
- d) espécies endogêicas mesohúmicas, que se alimentam nos horizontes A e B ingerindo partículas minerais e orgânicas indistintamente, não possuem pigmentação, constroem túneis horizontais extensos e apresentam tamanho médio (10-20cm); e

---

<sup>9</sup> LEE, K.E. **Earthworms: Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use**. London: Academic press, 1985.

<sup>10</sup> GATES, G E. Contributions to a revision of the earthworm family Glossoscolecidae. I, *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857). **Bull. Tall Timber Res. Stat.**, v.14, p.01-28, 1973.

e) espécies endogêicas oligohúmicas, que se nutrem nas camadas inferiores do solo onde ocorre pequeno teor de M.O., habitando os horizontes B e C, sem pigmentação, constroem túneis horizontais extensos e tem grande tamanho (>20cm).

As diferentes adaptações ecológicas levam à coexistência de espécies diferentes que se encontram em competição parcial ou verdadeira, ocupando nichos distintos ou parcialmente comuns (BOUCHÉ, 1983; EDWARDS et al., 1995).

As minhocas lumbricidas foram separadas por PEREL<sup>11</sup> citado por EDWARDS e BOHLEN (1996b) em dois grupos morfo-ecológicos: o das formadoras de substâncias húmicas (SH) e o das que se alimentam delas. As formadoras de SH ingerem partículas mais grosseiras de M.O. em vários estádios de decomposição e são as espécies que se alimentam na camada orgânica no solo. As que se alimentam de SH obtém nutrição de material orgânico de menor granulometria e em estágio de decomposição mais avançado, consumindo mais solo que as primeiras. As formadoras de SH incluem as epigêicas e anécicas, possuindo o prostômio mais maleável, o que as capacita a manobrar melhor os resíduos orgânicos. Possuem um intestino relativamente simples com uma tiflosole de superfície pequena. As minhocas que se alimentam em SH são as espécies endogêicas, possuem o prostômio menos flexível e o intestino mais complexo, com tiflosole que normalmente apresenta dobras secundárias (EDWARDS e BOHLEN, 1996b).

A predominância de determinado grupo ecológico é determinada pela temperatura, variação sazonal na precipitação, quantidade e qualidade de alimento, grau de cobertura e sua permanência (EDWARDS, 1983; BOUCHÉ e GARDNER, 1984; FRAGOSO e LAVELLE, 1992). De modo geral, em regiões de clima temperado predominam espécies epigêicas, enquanto nos trópicos predominam espécies endogêicas. Esse tipo de ocorrência se deve ao fato da M.O. nos solos tropicais estar em um estágio de humificação mais avançado em relação à M.O. nos solos em climas temperados (GRISI et al., 1998). Em regiões de clima frio, a serrapilheira é decomposta vagorosamente e constitui fonte duradoura de alimento e energia, pois sofre oxidação lenta pela baixa atividade microbiana. Dessa forma, as comunidades são dominadas por espécies detritívoras (epigêicas), enquanto as endogêicas são representadas apenas por espécies polihúmicas que se alimentam no horizonte orgânico ou na rizosfera. Nas regiões tropicais, a serrapilheira é decomposta rapidamente, não sendo fonte segura de alimento e energia. Entretanto, como a atividade microbiana é intensa, a M.O. é estabilizada e humificada mais rapidamente, com as SH sendo uma fonte constante de alimento (LAVELLE, 1983).

---

<sup>11</sup> PEREL, T.S. Differences in lumbricid organization connected with ecological properties. **Biol. Bull.**, v.25, p.56-63, 1977.

O teor de M.O. no solo pode levar a diferentes comportamentos na alimentação em uma mesma espécie. Por exemplo, se o solo é pobre em C, ela atua como polihúmica e se o solo é rico em C, ela pode atuar como mesohúmica (YLI-OLLI e HUHTA, 2000).

As espécies endogêicas como um todo são afetadas negativamente pelo cultivo e utilização de fertilizantes minerais e agrotóxicos. A utilização de fungicidas à base de cobre (Cu) pode causar respostas tóxicas subletais e mesmo a morte de minhocas em concentrações inferiores às de chumbo (Pb) e zinco (Zn) (HELLING et al., 2000). A maior suscetibilidade das minhocas ao Cu pode ser resultado da incapacidade da maior parte dos tecidos sintetizar ligantes que fixam o Cu em resposta à presença do metal (MORGAN e MORGAN<sup>12</sup> citados por HELLING et al., 2000). De acordo com STREIT e JÄGGI<sup>13</sup> citados por HELLING et al. (2000), a biodisponibilidade, toxicidade e acúmulo de Cu nos tecidos das minhocas aumentam com a redução no teor de M.O. no solo.

O uso de fertilizantes amoniacais pode acidificar o solo e reduzir a população. Por outro lado, a maior quantidade de resíduos vegetais que retornam ao solo pode incrementar a população (EDWARDS et al., 1995). O efeito negativo da redução do pH pode se dar através da maior concentração de íons hidrogênio (H<sup>+</sup>) aliada a menor disponibilidade de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) entre outros elementos (EDWARDS e BOHLEN, 1996c).

### 2.3 INFLUÊNCIA DAS MINHOCAS NAS CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO SOLO

As minhocas, normalmente, são mais numerosas nos horizontes mais superficiais do solo, diminuindo em função da profundidade avaliada. Dessa maneira, seus efeitos na pedogênese são reduzidos com o aumento na profundidade (LEE, 1983; LEE, 1992). Nos processos de formação do solo, as minhocas participam na formação do perfil através da construção de túneis, movimentação das partículas dentro e entre os diferentes horizontes, formação e desestabilização de agregados e modificações na porosidade do solo (aeração, infiltração e capacidade de armazenamento de água) (BLANCHART et al., 1999). As minhocas podem levar a dois efeitos opostos, como a perda de solo por escorrimento superficial devido ao selamento da superfície por uma camada de coprólitos frescos e um

---

<sup>12</sup> MORGAN, J. E.; MORGAN, A. J. The distribution of cadmium, copper, lead, zinc and calcium in the tissue of the earthworm *Lumbricus rubellus* sampled from one uncontaminated soil and four polluted soils. **Oecologia**, v.84, p.559-566, 1990.

<sup>13</sup> STREIT, B.; JÄGGI, A. Effect of soil type on copper toxicity and copper uptake in *Octolasion cyaneum* (Lumbricidae). In: LEBRUN, P.; ANDRE, A.; MEDTS, C.; GREGOIRE-WIBO, C.; WAUTHY, G **New Trends in Soil Biology**. Dieu-Brichard: Ottignies-Louvain-la-Neuve, 1983. p. 569-575.

incremento na porosidade do solo através dos túneis e dos agregados estabilizados. Os coprólitos de *Pontoscolex corethrurus* apresentam maior proporção de partículas finas que o solo não ingerido. A estabilização dos agregados só acontece com o decorrer do tempo e desidratação ou por meio de ciclos de secagem e umedecimento (HINDELL et al.<sup>14</sup> citados por BLANCHART et al., 1999). A contribuição à estruturação do solo dos coprólitos produzidos no início da estação das águas pode ser muito diferente daquela que é gerada no início da estação seca (EDWARDS e SHIPITALO, 1998). As SH, grandes responsáveis pela estabilidade dos coprólitos, podem prevenir a dispersão de suas partículas somente após eles estarem estabilizados e humificados. Outras substâncias orgânicas que estão envolvidas nesse processo são polissacarídeos e mucopolissacarídeos (BAROIS et al.<sup>15</sup> citados por TOMLIN et al., 1995). Entretanto, esses efeitos dependem do tipo de solo, tipo de argila, teor e qualidade da M.O. e espécie de minhoca.

Diferentes autores propuseram alguns mecanismos que podem atuar na estabilidade dos coprólitos, como a estabilização mecânica por meio de fibras vegetais incorporadas, hifas fúngicas, excreções bacterianas e formação de pontes organo-minerais na forma de humato de Ca e mucilagem entre outros (TOMLIN et al., 1995). A *Pontoscolex corethrurus* produz coprólitos relativamente grandes, que são dispersos facilmente quando frescos, mas quando secos possuem uma camada superficial que afeta o movimento do ar e da água entre seu interior e o meio externo. Essa espécie tende a reduzir a porosidade total e modificar a distribuição no tamanho dos poros. Acredita-se que essa mudança é devido à intensa mistura e quase completa dispersão das partículas do solo no intestino dessa espécie, onde o teor de umidade chega a 85% (BLANCHART et al., 1999; CHAUVEL et al., 1999). Por exemplo, em Yurimaguas (Peru), ALEGRE et al.<sup>16</sup> citados por BLANCHART et al. (1999) encontraram redução no número de agregados com diâmetro inferior a 0,5 mm, incremento no número de agregados com diâmetro superior a 10 mm e redução na porosidade total do solo, especialmente na camada de 0-10 cm, após sua inoculação. Na Amazônia Central, outro resultado encontrado foi a descompactação do solo por *Pontoscolex corethrurus*. O solo se encontrava nessas condições devido ao trânsito de máquinas para a derrubada de parte de uma floresta. Essa espécie foi capaz de aumentar a

---

<sup>14</sup> HINDELL, R.P.; MCKENZIE, B.M.; TISDALL, J.M. Relationships between casts of geophagous earthworms (Lumbricidae, Oligochaeta) and matric potential. II. Clay dispersion from casts. **Biology and Fertility of Soils**, v.18, p.127-131, 1994.

<sup>15</sup> BAROIS, I.; VILLEMIN, P.; LAVELLE, P. TOUTAIN, F. Transformation of the soil structure through *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta) intestinal tract. **Geoderma**, v.56, p.57-66, 1993.

<sup>16</sup> ALEGRE, J.; PASHANASI, B.; LAVELLE, P. Dynamics of soil physical properties in Amazonian agroecosystems inoculated with earthworms. **Soil Science Society of America Journal**, v.60, p.1522-1529, 1995.

estabilidade dos poros com diâmetro entre 10 e 100  $\mu\text{m}$ , causando uma maior capacidade de retenção da água e melhor drenagem da água gravimétrica (FONTAINE<sup>17</sup> citado por BLANCHART et al., 1999). Outro efeito observado nessa mesma área foi a não destruição ou dispersão de microagregados com diâmetro entre 10 e 100  $\mu\text{m}$ , em um Latossolo com alto teor de caulinita, após sua passagem pelo trato intestinal dessa espécie.

A condição física do solo é dependente do tipo de solo, cobertura vegetal, manejo e espécies de minhocas presentes entre outros organismos (SHAW e PAWLUK<sup>18</sup> citados por ESTER e van ROZEN, 2002). Um período de seca após uma precipitação pode resultar na formação gradual de uma camada superficial de maior densidade. A presença de maior número de minhocas produz uma estrutura mais compacta. Existe maior teor de argila e silte nos coprólitos em relação ao solo não ingerido, e essas partículas podem se tornar mais dispersas após a passagem pelo intestino das minhocas. A completa mistura do material no intestino e a presença de minerais de argila dispersos pode aumentar a superfície de contato entre as partículas, eliminando os poros de maiores dimensões que são pontos de fraqueza nos agregados do solo (OADES, 1993). A cobertura do solo no plantio direto parece possuir propriedades hidrofóbicas quando condições de seca precedem uma precipitação, limitando a infiltração da água na matriz do solo por alguns minutos. Essa condição foi atribuída ao crescimento de hifas fúngicas sob condições de seca, ausência de revolvimento do solo e presença permanente de uma camada de M.O. (CHAN, 1992). Os coprólitos frescos depositados na superfície também podem ser dispersos facilmente com a água de precipitação, auxiliando na impermeabilização do solo pelo preenchimento dos poros (BLANCHART et al., 1999). Os túneis das minhocas e de outros organismos, com aberturas na superfície, são os únicos meios para infiltração da água nos primeiros minutos de uma precipitação. Essas condições favorecem processos de erosão laminar, imperceptíveis a curto prazo. Por essa razão é de importância fundamental a manutenção de terraços mesmo em talhões com plantio direto. Em um solo onde a macrofauna é diversificada, o balanço entre os efeitos de agentes compactadores (espécies que excretam coprólitos de grandes dimensões) e descompactadores (espécies que se alimentam pelo menos parcialmente desses coprólitos e tendem a reduzir a densidade do solo) mantém um volume maior de poros no solo. Os agentes descompactadores podem ser diferentes espécies de enquitreídeos e microartrópodos entre outros organismos. A presença de

---

<sup>17</sup> FONTAINE, V. **Role des Macro-invertébrés dans la Structuration de Sols Dégradés d'Amazonie**. DEA Thesis, University of Paris XII, 44p.

<sup>18</sup> SHAW, C.; PAWLUK, S. The development of soil structure by *Octolasion tyrtaeum*, *Aporrectodea turgida* and *Lumbricus terrestris* in parent materials belonging to different textural classes. **Pedobiologia**, v.29, p.327–339, 1986.

ambos os agentes e de resíduos orgânicos se faz necessária na sustentação da qualidade física do solo (LAVELLE et al., 1998; BLANCHART et al., 1999; CHAUVEL et al., 1999).

A composição química das paredes internas dos túneis das minhocas pode influenciar o transporte de solutos com a água de precipitação. As paredes internas podem estar revestidas com minerais de argila, SH, carbonato de Ca e óxidos de ferro (Fe) (OADES, 1993). STEHOUWER et al. (1993) identificaram propriedades nessa região que poderiam aumentar a adsorção de herbicidas, retardando seu transporte através do perfil do solo, aumentando, dessa forma, as chances de ocorrer uma maior degradação microbiana desse material.

A textura do solo tem influência nas minhocas por meio das propriedades do solo, como teor de umidade, nutrientes e capacidade de troca catiônica (CTC). Nas florestas tropicais, as comunidades de minhocas são dominadas por espécies endogêicas polihúmicas, que normalmente estão presentes em solos com altos teores de nutrientes. Já em solos pobres, ocorre o predomínio de espécies epigêicas. As espécies epigêicas se encontram em correlação negativa com teores de Ca, Mg e N no solo (FRAGOSO e LAVELLE, 1992). Uma vez os agregados estando formados, ácidos orgânicos e enzimas interagem com as partículas minerais, o que leva uma fração das SH à estabilização e proteção por minerais de argila e silte (HASSINK et al.<sup>19</sup> citados por TOMLIN et al., 1995). Dessa maneira, esse agregado estável pode ser ingerido diversas vezes e a M.O. em seu interior permanecer intacta. Em solos de textura arenosa, a estabilização dos agregados envolve o crescimento e desenvolvimento de vegetação, fungos e bactérias nos espaços entre as partículas. Dessa forma, as partículas de areia são unidas pelas colônias de organismos e seus produtos de excreção, raízes, hifas e por produtos da decomposição de resíduos vegetais. As raízes de monocotiledôneas são superiores às de dicotiledôneas como agentes de estabilização de solo, com vegetação rasteira sendo superior aos cereais (OADES, 1993).

Em solos com caulinita, sem se considerar o teor desse mineral de argila, as espécies endogêicas têm grande parte na formação e manutenção da estrutura do solo, enquanto em solos esmectíticos esse papel não é claro. Nesses solos, o efeito das raízes e de materiais orgânicos parece ser mais importante na formação da estrutura do solo, tendo as minhocas um papel secundário (TOMLIN et al., 1995; BLANCHART et al., 1999). Entretanto, na presença de minhocas as raízes podem atingir maiores profundidades, ampliando seu efeito benéfico (OADES, 1993). As propriedades de expansão e contração

---

<sup>19</sup> HASSINK, J.; BOUWMAN, L.A.; ZWART, K.B.; BLOEM, J.; BRUSSAARD, L. Relationships between soil texture, physical protection of organic matter and soil biota and C and N mineralization in grassland soils. *Geoderma*, v.57, p.105-128, 1993.

da esmectita (mineral de argila 2:1) também promovem uma menor duração da estrutura formada pelas minhocas. A esmectita não tem grande ocorrência em solos altamente intemperizados, característicos de regiões tropicais. Na região do ABC no Município de Castro (PR), MARTINS (2002) estudou diferentes perfis em diferentes materiais de origem, encontrando solos, essencialmente, caulíníticos. A caulinita pode ser formada a partir de feldspatos e micas (NWADIALO e LIETZKE<sup>20</sup> citados por MELO et al., 2001) e esses minerais da fração argila foram encontrados por MARTINS (2002) em teores inferiores aos de caulinita.

A melhor opção tecnológica para o manejo sustentável da água e do solo é aquela que mantém ou incrementa o número de populações e diversidade de grupos taxonômicos na biota edáfica. Os resíduos culturais, adubos verdes e dejetos animais compostados e humificados favorecem não apenas o desenvolvimento de interrelações fundamentais entre as minhocas e as propriedades do solo, mas promovem sua qualidade duradoura e a sanidade de plantas, animais e seres humanos (DUBOISSET<sup>21</sup> citado por BLANCHART et al., 1999; DEFFUNE, 2002; RUF et al., 2003).

#### 2.4 ECOSSISTEMAS E MANEJO DO SOLO

As minhocas podem representar de 40 a 90% da biomassa da macrofauna na maior parte dos ecossistemas, exceto em sistemas agrícolas anuais. A conversão de florestas em culturas anuais elimina a maioria das espécies que dependem de resíduos lenhosos e/ou necessitam de condições de microclima estáveis. Inversamente, culturas perenes, principalmente aquelas que mantêm uma estrutura com diferentes estratos, podem conservar as espécies do ecossistema original e prover um nicho para a colonização de espécies exóticas. Entretanto, quando houve a substituição de uma floresta por uma pastagem nos arredores de Manaus, a riqueza de espécies de macroinvertebrados foi reduzida de 151 para 48, com apenas 22 espécies originalmente presentes resistindo à mudança (FRAGOSO et al., 1999b).

De modo geral, nos trópicos as comunidades são dominadas por espécies endogêicas. Todavia, quando a vegetação natural de determinado local é substituída por um agroecossistema, as comunidades originais de minhocas são modificadas. Essas mudanças

---

<sup>20</sup> NWADIALO, B.E.; LIETZKE, D.A. Mineralogy and weathering of soils in the Tennessee Copper basin. *Soil Sci.*, v.147, p.162-173, 1989.

<sup>21</sup> DUBOISSET, A. **Caractérisation et Quantification par Analyse d'Image des Modifications Structurales Engendrées par *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) sur un Sol Ferrallitique Cultive (Pérou)**. DEA Thesis, The University of Nancy I, 1995.

podem levar à substituição de espécies nativas por exóticas melhor adaptadas a condições edáficas menos favoráveis. Áreas com culturas anuais normalmente apresentam as comunidades de macroinvertebrados mais reduzidas e com menor diversidade. Em pomares, onde ocorre adição de M.O. com as folhas que caem e o solo não é revolvido, as minhocas são favorecidas. A serrapilheira fornece alimento e auxilia na manutenção da umidade, o que evita grande amplitude de variação na temperatura. Entretanto, nas entrelinhas o solo pode tornar-se compactado, reduzindo sua atividade (EDWARDS, 1983; FRAGOSO et al., 1999b; HAYNES et al., 2003). Quanto maior o teor de umidade no solo, menor é a amplitude de variação de sua temperatura. Esse fato ocorre devido ao calor específico, que é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de  $1\text{cm}^3$  de uma substância em  $1^\circ\text{C}$ , das SH ser de aproximadamente  $0,45\text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ . Para os solos minerais, esse valor varia ao redor de  $0,18$  a  $0,20\text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  (MOTA, 1989).

A compactação do solo é provocada por forças mecânicas externas, como o trânsito de máquinas e implementos agrícolas e pisoteio de animais, enquanto o adensamento é originado por processos naturais ou pedogenéticos, como dessecação, iluviação e precipitação química (CURI et al.<sup>22</sup> citados por REZENDE, 1997). Com uma mesma energia empregada, a densidade aparente aumenta com a umidade até atingir o ponto de máxima organização possível das partículas do solo, em função da carga aplicada. Desse ponto em diante, um incremento na umidade reduz a densidade aparente pelo progressivo espessamento do filme de água em torno das partículas. Esse fato provoca o afastamento dessas partículas, com conseqüente aumento na porosidade total do solo (REZENDE, 1997). A elevação da densidade do solo reduz a difusão gasosa e a drenagem da água (redução da porosidade total), causando saturação mais rapidamente (anaerobiose). Uma camada de apenas  $1\mu\text{m}$  de espessura de partículas orientadas horizontalmente é suficiente para impedir a infiltração de água no solo (CRAUL, 1992).

A densidade populacional de minhocas em solos com práticas conservacionistas normalmente é muito maior do que em solos de plantio convencional (EDWARDS et al., 1995). Na Índia e no sudeste do México, as espécies nativas são muito mais comuns do que as exóticas, tanto em pastagens como em culturas perenes e anuais. É muito provável que esse tipo de comportamento se deva ao uso limitado de práticas agrícolas mecanizadas (FRAGOSO et al., 1999b). Apenas as práticas de revolvimento do solo podem causar uma redução de 40 a 60% na população. As espécies epigêicas são afetadas devido a danos mecânicos diretos, maior exposição aos predadores e incorporação da serrapilheira da

---

<sup>22</sup> CURI, N.; LARACH, J.O.T.; KWVIPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, L.E.F. **Vocabulário da Ciência do Solo**. Campinas: SBCS, 1983. 89p.

superfície, o que reduz a proteção do solo contra adversidades climáticas, levando à destruição de seu habitat (EDWARDS, 1983; PAOLETTI et al., 1998).

As áreas com pastagens implantadas são favoráveis ao crescimento e desenvolvimento de minhocas quando a precipitação média anual é alta, a temperatura não tem grande amplitude e as espécies presentes são bem adaptadas. Esse último sistema de uso do solo é o único que tem potencial para conservar a diversidade da fauna original. Por outro lado, na América do Sul, as espécies de minhocas exóticas podem compor de 40 a 60% da comunidade em áreas agrícolas e florestas e de 60 a 70% em pastagens (FRAGOSO et al., 1999b). As áreas com florestas de coníferas e também de eucalipto normalmente suportam uma pequena população de minhocas. A serrapilheira produzida por coníferas não é palatável ou é aproveitada apenas pelas bordas pela maioria das minhocas. A maior parte das espécies de *Eucalyptus* produz resíduos não atrativos à grande número de espécies de invertebrados (HAYNES et al., 2003), possivelmente devido ao seu alto teor de taninos ou polifenóis (LORENZ et al., 2000). A qualidade da serrapilheira para a alimentação das minhocas depende do estágio de decomposição, teor de nutrientes, palatabilidade e propriedades físicas e químicas (EDWARDS e BOHLEN 1996b; YLI-OLLI e HUHTA, 2000). As espécies microbianas presentes em determinado estágio de decomposição da M.O. podem indicar a qualidade do alimento (BONKOWSKY et al., 2000). A densidade populacional de minhocas encontrada em diferentes áreas tem sido correlacionada positivamente com os teores de carbono (C) e nitrogênio (N) (FRAGOSO e LAVELLE, 1992; HAYNES et al., 2003). A relação lignina:nitrogênio nos resíduos tem correlação inversa com a densidade populacional de minhocas (TIAN et al.<sup>23</sup> citados por EDWARDS e BOHLEN 1996b).

## 2.5 ESPÉCIES MAIS COMUNS DE MINHOCAS E DISTRIBUIÇÃO

As espécies *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae), provavelmente originária na região norte do Brasil e/ou Guianas, e *Amyntas gracilis* (Megascolecidae), de origem asiática (RIGHI, 1990; FRAGOSO et al., 1999a; ISO/WD 23611-1, 2002; BLAKEMORE, 2003) têm distribuição mundial, principalmente em localidades com altitude inferior a 1000 m, sendo tolerantes a concentrações muito baixas de nutrientes, M.O. e N. As espécies que admitem grandes variações de habitat são denominadas eurióicas (FRAGOSO et al.,

---

<sup>23</sup> TIAN, G.; BRUSSAARD, L.; KANG, B.T. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions: effects on soil fauna. **Soil Biol. Biochem.**, v.25, p.731-737, 1993.

1999a). As espécies exóticas, em geral, se adaptam melhor que as nativas a variações de precipitação, temperatura e edáficas.

A distribuição horizontal das minhocas no solo está correlacionada com variáveis morfológicas e demográficas, principalmente tamanho e fecundidade. As espécies com alto grau de fecundidade e pequeno tamanho mostram-se agrupadas, enquanto as com pequena fertilidade e grande tamanho apresentam distribuição ao acaso. A *Pontoscolex corethrurus* pode produzir mais de 68 casulos ano<sup>-1</sup>, com período de geração entre 3 e 7 meses (BAROIS et al., 1999). A natureza agrupada na distribuição corresponde à presença de grandes manchas de 20 a 30 m de diâmetro que, normalmente, são observadas em diferentes ecossistemas e em diferentes espécies (ROSSI et al., 1997).

## 2.6 MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE OLIGOCHAETA EDÁFICOS

Existem diferentes métodos de amostragem para se avaliar a densidade populacional e biomassa de Oligochaeta edáficos. Os dois métodos mais utilizados pelos pesquisadores são a coleta manual e a extração por soluções irritantes. O método de coleta manual obtém o maior número e biomassa de minhocas na camada amostrada em relação à extração por meios químicos. Dessa forma, é o meio de amostragem mais preciso (BOUCHÉ<sup>24</sup> citado por LAWRENCE e BOWERS, 2002; SATCHELL<sup>25</sup> citado por ZABORSKI, 2003). Entretanto, as minhocas que habitam camadas inferiores à amostrada ou que podem escapar rapidamente pelos túneis permanentes em direção a camadas mais profundas, não são coletadas por esse método. Ele é trabalhoso e necessita de um maior período de tempo para sua conclusão (RAW, 1959; LEE, 1985c; GUNN, 1992; CALLAHAM e HENDRIX, 1997; SATCHELL<sup>26</sup> citado por ZABORSKI, 2003) e em algumas áreas a destruição física do solo causada por esse método é inaceitável (GUNN, 1992; CALLAHAM e HENDRIX, 1997). Além de todos esses impedimentos, a presença de barreiras físicas, como minerais de grandes dimensões, sistema radicular denso ou raízes lenhosas podem torná-lo impraticável (SPRINGETT<sup>27</sup> citado por ZABORSKI, 2003).

---

<sup>24</sup> BOUCHÉ, M.B. Comparison critique de methodes d'évaluation des populations de Lumbricides. **Pedobiologia**, v.09, p.26-34, 1969.

<sup>25</sup> SATCHELL, J.E. Measuring population and energy flow in earthworms. In: PHILLIPSON, J. **Methods of Study in Soil Ecology**. UNESCO, 1971. p.261-267.

<sup>26</sup> Id.

<sup>27</sup> SPRINGETT, J.A. A new method for extracting earthworms from soil cores, with a comparison of four commonly used methods for estimating earthworm populations. **Pedobiologia**, v.21, p.217-222, 1981.

A extração por meio químico, que envolve a irrigação do solo com uma solução irritante, com posterior coleta das minhocas que emergem à superfície (RAW, 1959; EVANS e GUILD<sup>28</sup> citados por LEE, 1985c e ZABORSKI, 2003) é um método mais rápido e simples, podendo ser utilizado em diferentes condições. Esse método é mais eficiente na amostragem de espécies anécicas, apesar de não obter a mesma eficiência para todas elas (RAW, 1959). Um dos extratores químicos de minhocas mais utilizados é uma solução de formol (ZABORSKI, 2003). Mas essa solução também não extrai todas as espécies de minhocas com a mesma eficácia e a eficiência do método é influenciada pela concentração na solução, temperatura e umidade no solo (RAW, 1959; LAKHANI e SATCHELL<sup>29</sup> citados por ZABORSKI, 2003). A temperatura do solo está relacionada com a atividade das diferentes espécies de minhocas e a umidade é correlacionada negativamente com infiltração da solução no solo (LEE, 1985c). Outra desvantagem do método de extração com formol é que esse produto é fitotóxico e carcinogênico e a legislação pode vir a impedir sua utilização como extrator (SCHIMIDT et al., 2001). O formaldeído também não é adsorvido às partículas em grandes teores, sendo considerado móvel no solo. As minhocas também podem ser levadas à morte se não forem imediatamente lavadas com água em abundância. Alguns parâmetros que atuam nos teores lixiviados incluem o tipo de solo, regime pluviométrico e a degradação microbiana. Estima-se que sua meia-vida no solo se encontre entre 24 e 168 horas (HOWARD et al.<sup>30</sup> citados por CICAD, 2003).

Como alternativa à utilização de formol, GUNN (1992) testou a eficiência de uma suspensão de pó de mostarda comercial em relação ao formol e obteve êxito, enfatizando a segurança ambiental conseguida por esse reagente. Entretanto, ele não definiu a dose de alil isotiocianato (AITC) utilizada. Na Natureza, o AITC é um produto da hidrólise de glucosinolatos presentes em tecidos de Crucíferas (BOREK et al., 1995), sendo uma alternativa muito mais segura para o aplicador e ambientalmente correta na amostragem de Oligochaeta edáficos (GUNN, 1992; CHAN e MUNRO, 2001; ZABORSKI, 2003). A meia-vida do AITC no solo varia de 20 a 60 horas em função do teor de C, umidade e temperatura (BOREK et al., 1995). As minhocas extraídas pela solução de AITC, após um rápido mergulho em água, podem ser conservadas vivas em recipientes com papel toalha umedecido e transportadas para o laboratório para as avaliações. Dessa maneira, se obterá

---

<sup>28</sup> EVANS, A.C., GUILD, W.J. Studies on the relationship between earthworms and soil fertility. I. Biological studies in the field. **Ann. Appl. Biol.**, v.34, p.307-330, 1947.

<sup>29</sup> LAKHANI, K.H., SATCHELL, J.E.. Production by *Lumbricus terrestris* (L.). **J. Anim. Ecol.** v.39, 473-492, 1970.

<sup>30</sup> HOWARD, P.H.; BOETHLING, R.S.; JARVIS, W.F.; MEYLAN, W.M. MICHALENKO, E.M. **Handbook of environmental degradation rates**. Chelsea: Lewis Publishers, 1991.

a densidade populacional, biomassa fresca e classificação, com as minhocas podendo ser devolvidas vivas ao sítio amostrado. Entretanto, é preciso uma certa experiência do profissional para o emprego dessa técnica. Nos estudos realizados até o momento (GUNN, 1992; CHAN e MUNRO, 2001; EAST e KNIGHT<sup>31</sup> citados por ZABORSKI, 2003), apenas ZABORSKI (2003) utilizou AITC puro para análise (PA) em seu experimento, que foi diluído em isopropanol PA a fim de obter uma solução-estoque. LAWRENCE e BOWERS (2002) também fizeram a preparação da solução utilizada em sua pesquisa em função do teor de AITC no produto, mas ela foi preparada com pó de mostarda comercial, que possui outros ingredientes que podem influenciar sua eficácia. Existem diferentes espécies de mostarda (*Brassica* sp.) com variados teores de AITC e dentro de uma mesma espécie o teor varia em função do estágio de maturação, da época do ano e das condições de solo e clima no local de produção. Além do AITC, na semente estão presentes outros compostos químicos de atividade desconhecida (ZABORSKI, 2003). Apenas com a utilização de AITC sintetizado em laboratório é que se pode padronizar a dose a ser utilizada.

ZABORSKI (2003) cita que a extração por métodos químicos, em geral, é mais eficiente que a coleta manual em espécies anécicas, sendo este último método mais eficaz em espécies endogêicas. A coleta manual normalmente pode subestimar o número de minhocas de menores dimensões e dificilmente inclui aquelas que se encontram em profundidades superiores a 25 cm, apesar de ser mais eficaz na amostragem de indivíduos em estado latente e de casulos (BOUCHÉ e GARDNER, 1984; LEE<sup>32</sup> citado por LAWRENCE e BOWERS, 2002). Os túneis permanentes das espécies anécicas, com aberturas na superfície do solo, permitem uma rápida penetração dos extratores químicos por toda sua extensão assim como a rápida saída à superfície das minhocas presentes nos mesmos. Por outro lado, as espécies endogêicas têm túneis temporários que podem estar selados na porção final e apresentam poucas aberturas na superfície do solo. Esse comportamento pode retardar a saída das minhocas, causando sua imobilização e morte pela solução extratora antes de sua chegada à superfície do solo.

A maior eficiência é obtida com a combinação de dois métodos. A coleta manual após escavação na camada superficial (em torno de 20 cm de profundidade) e a utilização de uma solução de formol após a remoção do solo escavado (ISO/WD 23611-1, 2002). ZABORSKI (2003) também recomenda a utilização de dois métodos. Entretanto, cita que a

---

<sup>31</sup> EAST, D., KNIGHT, D. Sampling soil earthworm populations using detergent and mustard. **J. Biol. Edu.**, v.32, p.201-206, 1998.

<sup>32</sup> LEE, K.E. **Earthworms: Their Ecology and Relationships with Soils Land Use**. Orlando: Academic Press, 1985.

aplicação de uma solução de AITC depois de retirada a camada superficial já coletada manualmente, pode prover a caracterização mais completa e precisa da comunidade de minhocas em um determinado tempo e espaço.

THIELEMANN<sup>33</sup> citado por ISO/WD 23611-1 (2002) desenvolveu um método alternativo à coleta manual aliada à extração por uma solução de formol. Nele, é utilizado um anel de diâmetro igual a 0,52 m com oito eletrodos que geram um campo elétrico que direciona as minhocas rumo à superfície do solo. As principais vantagens são a manutenção da integridade do solo e a não necessidade de utilização de extratores químicos. Por outro lado, o equipamento é caro e pode ser difícil transportá-lo até o local de amostragem, além da eficiência do método ser dependente das condições de umidade no solo (ISO/WD 23611-1, 2002).

Todo e qualquer método de amostragem de Oligochaeta edáficos representa apenas uma estimativa da densidade populacional real na área. Os valores de densidade populacional podem variar de 10 a 60% do número total e de 20 a 80% da biomassa total na comunidade de minhocas. Os números totais e absolutos não são possíveis de se obter com os métodos atuais. Assim, as estimativas podem variar em uma mesma área em função do método utilizado. Entretanto, elas devem ser consistentes com os números reais (BOUCHÉ e GARDNER, 1984; LEE, 1985c; LAWRENCE e BOWERS, 2002; ZABORSKI, 2003).

## 2.7 DENSIDADE POPULACIONAL E BIOMASSA

As minhocas participam na produção vegetal (BROWN et al., 1999). Segundo EDWARDS (1983), valores populacionais típicos encontrados em solos cultivados dificilmente ultrapassam de 100 a 200 m<sup>-2</sup>, enquanto esses valores podem chegar a 400 a 500 m<sup>-2</sup> em pastagens de gramíneas e pomares. A população de minhocas está em função do teor de M.O., tipo de solo, pH, capacidade de armazenamento de água, precipitação, temperatura, práticas culturais e mecânicas, manejo dos resíduos, sucessão e rotação de culturas e cultura implantada. Entretanto, as amplitudes de densidade populacional e biomassa que produzem efeitos favoráveis ainda não foram estabelecidas. Um estudo foi realizado por HOPP<sup>34</sup> citado por BROWN et al. (1999), que concluiu que um mínimo de 100

---

<sup>33</sup> THIELEMANN, U. Elektrischer Regenwurmfang mit der Oktett-Methode. *Pedobiologia*, v.29, p.296-302, 1986a.

<sup>34</sup> HOPP, H. The facts about earthworms. In: **Let an Earthworm be Your Garbage Man**. A report by Home, Farm and Garden Research Inc., 1954.

minhocas  $\text{m}^{-2}$  é necessário para promover uma estruturação favorável de solo para o crescimento e desenvolvimento vegetal. Entretanto, apenas recentemente uma relação entre biomassa de minhocas e produtividade vegetal foi estabelecida para espécies de Oligochaeta tropicais. Na Papua Nova Guiné, ROSE e WOOD<sup>35</sup> citados por BROWN et al. (1999) encontraram uma relação entre o crescimento de batata-doce e a biomassa de minhocas (*Pontoscolex corethrurus* computava 99% das minhocas presentes). Quando a biomassa era inferior a  $43 \text{ g m}^{-2}$ , a relação com a massa de raízes era positiva ( $r = 0,48$ ,  $p < 0,01$ ). Quando a biomassa era superior a  $43 \text{ g m}^{-2}$ , essa relação era perdida. Outras variáveis presentes eram o tipo de solo e parte da planta. Em um solo argiloso, a biomassa de minhocas foi correlacionada negativamente ( $r = -0,61$ ) com a produção de tubérculos. LAVELLE<sup>36</sup> citado por BROWN et al. (1999) encontrou um valor de biomassa em torno de  $30 \text{ g m}^{-2}$  em correlação positiva com a produtividade de grãos. SPAIN et al. (1992) citam que uma biomassa de minhocas em vaso equivalente a um valor acima de  $100 \text{ g m}^{-2}$  causa redução no crescimento vegetal. Esse fato se deve à formação de uma massa de coprólitos pouco aerada, produto da excessiva mobilização do solo pelas minhocas (BLANCHART et al.<sup>37</sup> citados por SPAIN et al., 1992). Com a aeração reduzida, a desnitrificação nessa massa de coprólitos é favorecida (ELLIOTT et al., 1990). Em uma localidade próxima a Manaus, uma pastagem de *Brachiaria* sp. sem uso por 15 anos, abrigava *Pontoscolex corethrurus* como a única espécie presente. A biomassa era de  $45 \text{ g m}^{-2}$  e o solo apresentava uma reduzida infiltração, com a estrutura parcialmente selada na camada superficial de 0-10 cm (BARROS et al.<sup>38</sup> citados por BROWN et al., 1999). Essa camada compacta dificulta a evaporação da água existente em horizontes mais profundos, criando condições de saturação a grandes profundidades.

Nas Tabelas 1 e 2, são apresentados resultados de densidade populacional e biomassa obtidos por alguns pesquisadores em diferentes ecossistemas.

---

<sup>35</sup> ROSE, C.J.; WOOD, A.W. Some environmental factors affecting earthworm populations and sweet potato production in the Tari Basin, Papua New Guinea highlands. **Papua New Guinea Agricultural Journal**, v.31, p.01-13, 1980.

<sup>36</sup> LAVELLE, P. Faunal activities and soil process: adaptive strategies that determine ecosystem function. **Advances in Ecological Research**, v.24, p.93-132, 1997.

<sup>37</sup> BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; SPAIN, A. Effects of biomass and size of *Milsonia anomala* (Oligochaeta: Acanthodrilidae) on particle aggregation in a tropical soil in the presence of *Panicum maximum* (Gramineae). **Biology and Fertility of Soils**, v.10, p.113-120, 1990.

<sup>38</sup> BARROS, M.E.; BLANCHART, E.; NEVES, A.; DESJARDINS, T.; CHAUVEL, A.; SARRAZIN, M. LAVELLE, P. Relação entre a macrofauna e a agregação do solo em três sistemas na Amazônia Central. In: Solo-Suelo. **Proceedings of the XIII Latin American Congress on Soil Science**. Águas de Lindóia, Brasil. Software gráfico Comércio e Serviços Ltda and Bicca Produções S/C Ltda, Campinas, 1996.

TABELA 1. DENSIDADE POPULACIONAL E BIOMASSA DE MINHOCAS OBTIDAS EM DIFERENTES TRABALHOS POR DIFERENTES MÉTODOS.

Espécie de Oligochaeta edáfico	Densidade populacional (ind m <sup>-2</sup> )	Biomassa (g m <sup>-2</sup> )	Tratamento	Localização	Referência
<i>Lumbricus terrestris</i> (anécica/epigêica)	1,1	-	pomar convenc	Itália	PAOLETTI (1999)
	22,2	-	pomar orgânico		
	10,1	-	floresta		
<i>Aporrectodea caliginosa</i> (endogêica)	0,6	-	pomar convenc		
	53,3	-	pomar orgânico		
	12,2	-	floresta		
<i>Allolobophora rosea</i> (endogêica)	4,4	-	pomar convenc		
	1,1	-	pomar orgânico		
	3,9	-	floresta		
<i>Lumbricus terrestris</i> (anécica/epigêica)	1,4	2,5	plantio convencional	Irlanda	SCHMIDT et al. (2001)
	1,8	4,9	plantio direto		
<i>Allolobophora chlorotica</i> (endogêica)	32,5	7,7	plantio convencional		
	97,2	14,8	plantio direto		
<i>Lumbricus terrestris</i> (anécica/epigêica)	22	43,8	pousio	Alemanha	EMMERLING (2001)
	21	53,0	cultivo mínimo		
<i>Aporrectodea caliginosa</i> (endogêica)	57	13,0	pousio		
	24	11,0	cultivo mínimo		
<i>Allolobophora chlorotica</i> (endogêica)	9	3,3	pousio		
	6	2,7	cultivo mínimo		

TABELA 1. CONTINUAÇÃO.

Espécie de Oligochaeta edáfico	Densidade populacional (ind m <sup>-2</sup> )	Biomassa (g m <sup>-2</sup> )	Tratamento	Localização	Referência
Total	-	90	alfafa perene	Ohio	BOHLEN et al. (1995)
	-	< 30	milho		
Epigêicas	40	8,9	pomar maçã gramíneas	Itália	PAOLETTI et al. (1998)
	1,2	0,2	pomar maçã cultivado		
	17	4,3	pomar uva gramíneas		
	0,5	0,2	pomar uva cultivado		
Anécicas	17	21	pomar maçã gramíneas		
	6,9	13	pomar maçã cultivado		
	9,9	6,6	pomar uva gramíneas		
	7,8	8,4	pomar uva cultivado		
Endogêicas	73	16	pomar maçã gramíneas		
	74	17	pomar maçã cultivado		
	28	6	pomar uva gramíneas		
	12	2,5	pomar uva cultivado		
<i>Pontoscolex corethrurus</i> (endogêica meso-poli-húmica)	95	21,6	floresta 1	Porto Rico	GONZÁLEZ et al. (1999)
	55	15,9	floresta 2		

Obs.: BOHLEN et al. (1995) utilizaram coleta manual na camada 0-20 cm e solução de formol a 2,5 g L<sup>-1</sup> na parte inferior da escavação; PAOLETTI et al. (1998) utilizaram coleta manual na camada de 0-25 cm; PAOLETTI (1999) utilizou coleta manual na camada de 0-30 cm; GONZÁLES et al. (1999) coletaram as minhocas manualmente na camada 0-25 cm; EMMERLING (2001) utilizou para extração coleta manual na camada 0-30 cm e adição de suspensão de mostarda a 15 g L<sup>-1</sup> (segundo GUNN, 1992) no mesmo local da retirada do solo e SCHMIDT et al. (2001) utilizaram o método elétrico do octeto de THIELEMANN (1986a) citado em ISO/WD 23611-1 (2002) para efetuar a extração.

TABELA 2. DENSIDADE POPULACIONAL E BIOMASSA DE MINHOCAS OBTIDAS EM TRABALHOS NO PARANÁ POR DIFERENTES MÉTODOS.

Espécie de Oligochaeta edáfico	Densidade populacional (ind m <sup>-2</sup> )	Biomassa (g m <sup>-2</sup> )	Tratamento	Localização	Referência
<i>Amyntas gracilis</i> e <i>A. corticis</i> (epi-endo)	43,8 - 116,8 0	- -	plântio direto plântio convencional	Carambeí	VOSS (1986)
<i>Amyntas</i> spp. (endogêica polihúmica, epi-endo)	71,7 - 168	-	plântio direto	Arapoti	PEIXOTO e MAROCHI (1996)
<i>Amyntas</i> spp.	37,6 - 170,2 0,0 - 5,6	11,1 - 50,0 0,0 - 0,4	plântio direto plântio convencional	Ponta Grossa	TANCK et al. (2000)
	30,4 - 95,2	16,5 - 65,1	mata nativa		
Total (espécies não determinadas)	15,4 - 123	5,1 - 45,4	pastagem perene	Curitiba	RESSETTI et al. (2003) (não publicado)
	7,7 - 99,9	0,3 - 24,8	pastagem revolvida		
	7,7 - 92,2 0 - 53,8	0,04 - 20,3 0 - 25,5	pomar bosque		
	0 - 30,7	0 - 25,1	gramado		
Total (principalmente Octochaetidae e Glossoscolecidae)	46 - 116	0,5 - 1,1	plântio direto	Região de Londrina	BROWN et al. (2004)
	13 - 22	0,02 - 0,13	plântio convencional		
	48 - 182	*0,8 ± 0,5 (apenas período de verão)	pastagem perene		
	16 - 42	0,8 - 1,6	floresta		

Obs.: VOSS (1986) utilizou coleta manual na camada 0-27/30 cm; PEIXOTO e MAROCHI (1996) utilizaram extração com solução de formol a 5 g L<sup>-1</sup>; TANCK et al. (2000) utilizaram extração com solução de formol a 2,2 g L<sup>-1</sup>, em seguida coletando e peneirando o solo da mesma área na profundidade de 0-20 cm; BROWN et al. (2004) utilizaram coleta manual na profundidade de 0-30/40 cm; RESSETTI et al. (2003) utilizaram extração com solução de formol a 2,2 g L<sup>-1</sup>.

Na literatura são encontrados resultados que sugerem que a atividade das minhocas aumenta a aeração do solo e o grau de infiltração de água. Isso se deve ao fato de a maior parte dos estudos das relações entre a atividade das minhocas e os parâmetros físicos do solo terem sido realizados com espécies da família Lumbricidae. Essa família, ao contrário da maior parte das famílias presentes nas regiões tropicais, compreende muitas espécies que constroem uma rede de túneis semi-permanente, tendo influência significativa no grau de infiltração de água (MEINICKE, 1983; LAVELLE et al., 1998). Nos trópicos, as minhocas promovem melhoria na estrutura física do solo, fundamentalmente, pela deposição de coprólitos que, posteriormente, podem formar agregados estáveis. Já nas regiões de clima temperado, o maior efeito das minhocas na estruturação do solo é através da construção de túneis (LAVELLE e MARTIN, 1992).

Existe uma associação de sinergismo entre as minhocas e as plantas, pois os Oligochaeta podem estar em maior densidade populacional em áreas de alta produtividade agrícola ou altas produtividades podem ocorrer em áreas com alta densidade populacional de minhocas. Nessa associação, as plantas podem ser beneficiadas com a atividade das minhocas na rizosfera, levando a um maior teor de nutrientes e presença de compostos similares a hormônios vegetais reguladores de crescimento na drilosfera (volume de solo e população de microrganismos que sofre influência da atividade das minhocas). E as minhocas são favorecidas pela M.O. oriunda dos resíduos vegetais e excreções radiculares com microrganismos associados (BROWN et al.<sup>39</sup> citados por BROWN et al, 1999; ATIYEH et al., 2002).

Existem inúmeros mecanismos que podem promover mudanças na biomassa vegetal por meio da atividade das minhocas, fundamentalmente de natureza biológica e/ou bioquímica. Todos são muito complexos e estão na dependência de fatores climáticos, da espécie vegetal, tipo de solo, espécie de Oligochaeta e histórico da área. Dentre eles estão incluídos: dispersão de microrganismos promotores de crescimento nos coprólitos, túneis e rizosfera; produção de compostos similares a hormônios vegetais reguladores de crescimento por microrganismos nos coprólitos, que possuem efeitos diferentes em função das espécies vegetais; estímulo na produção de enzimas (fosfatases, nitrogenases, quitinases, proteases e celulases entre outras) pelos microrganismos presentes nos coprólitos e/ou que habitam os túneis; dispersão de microrganismos fixadores de N e esporos de micorrizas; dispersão de agentes de biocontrole capazes de reduzir a população

---

<sup>39</sup> BROWN, G. G. ; BUENO, J.; BAROIS, I.; HERNÁNDEZ-CASTELLANOS, B.; FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Seasonal dynamics of the earthworm community and its interaction with soil properties and pasture production in a native paddock at La Vibora, Mexico. In: International Symposium on Earthworm Ecology, 6., Vigo, Spain, 1998. **Abstracts.** p.176.

de fitopatógenos e mesmo sua ingestão direta e digestão e um incremento na atividade da enzima nitrato-redutase, levando a uma fotossíntese mais eficiente entre outros (RIGHI, 1966; MEINICKE, 1983; EDWARDS e FLETCHER, 1988; BROWN, 1995; BROWN et al., 1999, 2000; VINOHA et al., 2000; ATIYEH et al., 2002). A produção de muco intestinal (uma mistura de aminoácidos de baixo peso molecular, açúcares e glicoproteínas de alto peso molecular) parece ser similar nas diferentes espécies e categorias ecológicas. Seu efeito primário é estimular a atividade microbiana (BAROIS, 1992; MARTIN et al.<sup>40</sup> citados por BROWN et al., 2000). Em adição à secreção de muco intestinal e cutâneo, a excreção de N (principalmente na forma de uréia e amônio) pode ocorrer em maior teor nas paredes dos túneis ou nos coprólitos em função do tipo de nefrídios (RIGHI, 1966; LAVERACK<sup>41</sup> citado por LAVELLE e MARTIN, 1992; BROWN et al., 2000).

Os processos biológicos de mutualismo entre macro e microrganismos no solo são os mais importantes na decomposição da M.O., ciclagem de nutrientes e propriedades físicas do solo (FRAGOSO et al., 1997). Nesse tipo de associação, a atividade dos microrganismos é controlada pelos macrorganismos, pois a maior parte dos microrganismos se encontra em um estágio de dormência, aguardando condições favoráveis para entrar em ação, como as criadas na drilosfera (LAVALLE<sup>42</sup> citado por FRAGOSO et al., 1997).

## 2.8 DEJETOS DE SUÍNOS E DENSIDADE POPULACIONAL E BIOMASSA

A aplicação de dejetos animais na forma líquida melhora as condições de umidade e o teor de nutrientes no solo (SCHMIDT et al., 2003). Quando o nitrogênio (N) não é fator limitante, as minhocas utilizam os efluentes aplicados apenas como complemento na alimentação (SCHMIDT e OSTLE<sup>43</sup> citados por SCHMIDT et al., 2003), beneficiando-se mais da maior umidade.

Os resíduos animais na forma líquida, que não se encontram estabilizados, podem ter um efeito inicial negativo na densidade populacional de minhocas, com indivíduos surgindo na superfície do solo logo após sua aplicação e morrendo em seguida. Esse fato

<sup>40</sup> MARTIN, A.; CORTEZ, J.; BAROIS, I.; LAVALLE, P. Les mucus intestinaux de Ver de Terre, moteur de leurs interactions avec la microflore. **Rev. Ecol. Biol. Sol**, v.24, p.549-558, 1987.

<sup>41</sup> LAVERACK, M.S. **The Physiology of Earthworms**. London: Pergamon Press, 1963.

<sup>42</sup> LAVALLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystems function. In: ETCHEVERS, J.D. **Transactions of the 15th World Congress of Soil Science**. v.01. Acapulco: ISSS, 1994. p.189-220.

<sup>43</sup> SCHMIDT, O.; OSTLE, N.J. Tracing nitrogen derived from slurry in earthworms using <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N stable isotope ratios at natural abundance. **Appl. Soil. Ecol.**, v.12, p.07-13, 1999.

se deve, principalmente, a um alto teor de amônia e sais. Entretanto, a população pode se recuperar e aumentar após se a aplicação não for muito freqüente. Com uma mesma taxa de aplicação, o N na forma orgânica apresenta um efeito maior no incremento na população que o N na forma inorgânica (EDWARDS, 1983; EDWARDS et al., 1995). Os coprólitos apresentam, naturalmente, alta atividade microbiana. Assim, como válvulas reguladoras, as minhocas podem triplicar o teor de nitrato no lixiviado de forma a retirar o N presente no solo em excesso. Dessa forma, a qualidade das águas subterrâneas é comprometida (KNIGHT et al.<sup>44</sup> citados por EDWARDS et al., 1995; STEINER, 2000).

No solo agrícola, a lixiviação do nitrato ocorre devido, principalmente, à repulsão pelas cargas elétricas negativas dos colóides, o que lhe confere grande mobilidade (RAIJ, 1991a; TISDALE et al., 1993a). Esse movimento ocorre, em maior grau, com o fluxo preferencial da água pelos túneis das minhocas e de outros organismos do solo. O nitrato também pode acumular em maiores profundidades no solo devido à acidez natural em regiões que não entram em contato com o corretivo agrícola.

Na maior parte das comunidades rurais, as águas subterrâneas são utilizadas diretamente, sendo de fundamental importância o monitoramento de sua qualidade. Os critérios e padrões de qualidade da água são desenvolvidos em função de seu uso. O CONAMA (2003) estabelece, entre outros parâmetros de qualidade, 10 mg L<sup>-1</sup> como teor máximo de nitrato na água para consumo humano. Esse teor foi estabelecido para proteger crianças que consumiam água de poços da metemoglobinemia. Entretanto, existem relatos de ocorrência da doença com teores de nitrato inferiores a esse. As crianças, principalmente aquelas com tempo de vida inferior a 3 meses, estão mais predispostas devido às condições mais alcalinas de seu trato gastrointestinal. O desenvolvimento dessa doença depende da conversão bacteriana do nitrato a nitrito na digestão. Deve ser ressaltado que pessoas adultas que apresentam gastroenterites, anemia, porções do estômago removidas cirurgicamente e mulheres grávidas também podem apresentar um meio mais alcalino em seu trato digestivo. A ingestão de teores elevados desse ânion também pode estar relacionada com o aumento de certos tipos de câncer (formação de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas). Porém, se o nitrito, que tem efeito mais rápido que o nitrato, estiver presente na água de consumo humano, pode ocasionar metemoglobinemia independente da faixa etária do consumidor (BOUCHARD et al., 1992; RADEMACHER et al., 1992; ALABURDA e NISHIHARA, 1998).

---

<sup>44</sup> KNIGHT, D.; ELLIOT, J.M.; ANDERSON, J.M.; SCHOLEFIELD, D. The role of earthworms in managed, permanent pastures in Devon, England. **Soil Biol. Biochem.**, v.24, p.1511-1517, 1992.

Muitas atividades agropecuárias se baseiam na criação intensiva de animais confinados, que geram grandes volumes de resíduos sólidos orgânicos em pequenas áreas. Na atividade suinícola, a sustentação ambiental configura-se como uma das mais graves limitações à sua manutenção e expansão. A capacidade poluente dos dejetos de suínos é superior à do ser humano, com um equivalente populacional de, em média, 3,5 pessoas (LINDNER, 1999). Ou seja, uma granja com 600 animais, segundo esse critério, possui um poder poluente ao de um núcleo populacional de, aproximadamente, 2.100 pessoas. A demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_5$ ) nos dejetos de um suíno com 85 kg de massa viva pode variar de 189 a 208 g  $dia^{-1}$ , enquanto a capacidade poluidora dos dejetos humanos varia de 45 a 75 g  $habitante^{-1} dia^{-1}$ .

Os contaminantes mais comuns em dejetos de suínos são bactérias fecais, amônia, metano, ácidos graxos voláteis,  $H_2S$ ,  $N_2O$ , metanol, propanol, dimetil sulfidro e carbono sulfidro (PERDOMO, 1999). Os principais constituintes que afetam as águas superficiais são M.O., nutrientes, bactérias fecais e sedimentos. As águas subterrâneas são comprometidas pelos nitratos e bactérias (DIESEL et al., 2002). Os dejetos de suínos são uma mistura de fezes, urina, água desperdiçada nos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pêlos e poeiras entre outros (KONZEN, 1983).

A aplicação de grandes taxas de dejetos ao solo pode provocar acúmulo de nutrientes, podendo resultar em redução no número de espécies cultivadas, em função de desequilíbrios químicos provocados no solo. O excesso de N pode reduzir a produtividade de cereais, principalmente de inverno, devido ao acamamento, e causar desproporção entre partes vegetativas e reprodutivas ou de reservas nas plantas. O teor de nutrientes nos dejetos está em função, principalmente, do manejo adotado e teor de umidade. Os teores de N total nos dejetos de suínos podem variar de 1.660  $mg L^{-1}$  a 3.710  $mg L^{-1}$ , com média de 2.374,3  $mg L^{-1}$  e os de fósforo total de 320  $mg L^{-1}$  a 1.180  $mg L^{-1}$  com média de 577,8  $mg L^{-1}$  (SILVA, 1996). O acúmulo de nutrientes no solo e o excesso de nitrato nas águas superficiais e subterrâneas são de difícil solução, pois são resultado da aplicação de altos teores por longos períodos (HAM e ZEE<sup>45</sup> citados por SEGANFREDO, 1999).

As minhocas não assimilam mais de 10-15% da energia disponível no material ingerido. A população está mais em função da qualidade do alimento, principalmente do teor de N. As minhocas perdem N na urina na forma de amônio e uréia e na forma de mucoproteínas excretadas na superfície do corpo por glândulas em células na epiderme. Glândulas intestinais secretam material nitrogenado no conteúdo do intestino. Outra forma

---

<sup>45</sup> HAM, F.A.M.; ZEE, S.E.A.T.M. van der. Soil protection and intensive animal husbandry in the Netherlands. **Marine Pollution Bulletin**, v.29, p.439-443, 1994.

de transformação do N ingerido é a reprodução e produção de biomassa, cujo teor de proteína é, em média, de 60 a 70% da massa seca, onde o teor de N corresponde de 7 a 8% (LAVERACK<sup>46</sup> citado por LAVELLE e MARTIN, 1992 e BROWN et al., 2000).

Nos dejetos animais, aproximadamente 2/3 do fósforo (P) não está prontamente solúvel em água por estar fazendo parte de estruturas orgânicas (SCHERER et al., 1996). Esse P orgânico apresenta maior efeito residual em relação ao inorgânico, sendo menos fixado pelos óxidos de Fe e Al. Diferentes estudos mostram que fontes orgânicas de P são mais efetivas na absorção pelas plantas do que fontes inorgânicas. Esses resultados podem ser devido a mineralização do P orgânico liberado dos resíduos em decomposição, bloqueio de sítios de adsorção e complexação do P por prótons e moléculas orgânicas liberadas pelos resíduos, elevação do pH do solo durante a decomposição, complexação do Al e Fe solúveis por moléculas orgânicas, incremento no P na população microbiana e/ou aumento na hidrólise do P orgânico pela atividade microbiana (IYAMUREMYE e DICK, 1996).

O fósforo (P) também apresenta efeito residual no solo, acumulando na zona de aplicação por sua alta afinidade aos minerais da fração argila e, principalmente, aos óxidos, hidróxidos e oxihidróxidos de ferro (hematita, goethita, ferridrita) e hidróxidos de alumínio (gibbsita) (PEÑA e TORRENT, 1984). Esse fato faz com que o P possa ser transportado superficialmente por erosão enquanto o N mineral é, fundamentalmente, lixiviado (RAIJ, 1991a, b; TISDALE et al., 1993a, b). Por outro lado, quando não é permitida a interrupção de disposição agrícola dos dejetos produzidos, o solo pode apresentar teores elevados de nutrientes, devido ao acúmulo. Com os sítios de adsorção de fosfato estando saturados, esse ânion também pode ser lixiviado (SIMS et al., 1998).

Algumas espécies de minhocas lumbricidas apresentam aumento na atividade da enzima fosfatase nos coprólitos principalmente nas faixas de pH entre 3-5 e 9-10. É provável que a atividade microbiana seja a principal responsável pelo pico de atividade na faixa ácida e o metabolismo das próprias minhocas seja responsável pela maior atividade na faixa alcalina (SATCHELL, 1983). VINOTHA et al. (2000) estudando a atividade da fosfatase nos coprólitos de *Eudrilus eugeniae* (Eudrilidae), concluíram que o incremento na atividade dessa enzima é devido, fundamentalmente, à atividade de microrganismos. Os microrganismos *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp. e *Aspergillus* spp. são conhecidos por realizar a mineralização do P orgânico. O P orgânico é proporcional ao teor de M.O. e representa em torno de 50% do P total presente no solo. Os principais compostos orgânicos são fosfatos de inusitol, fosfolipídios e ácidos nucleicos (RAIJ, 1991b; TISDALE et al., 1993b). A deposição de coprólitos no interior do solo pode incrementar o teor de P

---

<sup>46</sup> LAVERACK, M.S. **The Physiology of Earthworms**. London: Pergamon Press, 1963.

disponível a maiores profundidades, que associado ao calcário incorporado, estimula um maior aprofundamento do sistema radicular, ampliando sua área de atuação (MOUAT e KEOGH, 1987; MELE e CARTER, 1999).

## 2.9 TAXONOMIA DOS OLIGOCHAETA EDÁFICOS

Na sistemática dos Oligochaeta edáficos, a maior importância é dada aos órgãos reprodutivos, não apenas devido ao fato destes se apresentarem salientes e prontamente expostos, mas também por serem pouco afetados por influências ambientais através do tempo. O arranjo das cerdas também tem importância taxonômica, pois é indicativo da filogenia e estratégia ecológica. Os tipos de disposição são periquetina, com mais de oito cerdas por segmento, e lumbricina, com oito cerdas por segmento. A forma e posição do clitelo, onde é secretado o material para a formação dos casulos, são de grande importância sistemática. As marcas genitais externas (papilas) que servem para reconhecimento, conexão e alinhamento durante a cópula, apesar de poderem apresentar variação, geralmente são características altamente específicas. Normalmente existe uma correlação entre o número e posição dos poros das espermatecas e a forma e disposição das papilas genitais ao redor do campo masculino. Por essa razão, mesmo essas papilas genitais apresentando uma possível variabilidade interespecífica, elas são de grande valor na identificação (LJUNGSTRÖM, 1970; SIMS e GERARD, 1985; RIGHI, 1990; HONG e JAMES, 2001).

A disposição dos poros masculinos pode ser de três tipos:

- a) acantodrilina, onde eles se encontram no segmento 18 separados dos poros de dois pares de próstatas nos segmentos 17 e 19;
- b) megascolecina, onde os poros masculinos e prostáticos se encontram combinados no segmento 18;
- c) microscolecina, onde os poros masculinos e prostáticos se encontram no segmento 17; e
- d) balantina, onde os poros masculinos e prostáticos se encontram no segmento 19.

Em Megascolecidae, a localização dos poros masculinos é muito variável entre espécies e algumas dessas variações estão associadas à partenogênese (LJUNGSTRÖM, 1970; MURCHIE<sup>47</sup> citado por JAMES, 1995).

A identificação geralmente é possível sem informações detalhadas da anatomia interna, pois muitas classificações são contraditórias e se baseiam em características

---

<sup>47</sup> MURCHIE, W.R. A new megascolecidae earthworm from Michigan with notes on its biology. **Ohio J. Sci.**, v.58, p.270-272, 1958.

altamente variáveis intraespecificamente. Isso se deve ao fato da maior parte das espécies peregrinas apresentar formas partenogenéticas. Por essa razão, aconselha-se a utilização de mais de uma chave na classificação (BLAKEMORE, 2003). Existe um número muito grande de sinônimas nas espécies já descritas. Por exemplo, a sistemática do gênero *Pheretima* (Megascolecidae) foi reordenada por SIMS e EASTON<sup>48</sup> e EASTON<sup>49</sup> citados por SIMS (1983), que organizaram um número aproximado de 800 espécies e subespécies em grupos dentro de oito gêneros. Entretanto, não houve revisão de todas as descrições e é provável que menos da metade das espécies nominadas seja fundamentada (SIMS, 1983). O polimorfismo de formas partenogenéticas também levou ao estabelecimento de novas espécies por pesquisadores menos experientes, a partir de indivíduos degradados morfológicamente. A descrição taxonômica deve ser realizada a partir de indivíduos (holotipos) de populações biparentais (BLAKEMORE, 2003).

Existem três tipos principais de variabilidade morfológica resultado dos diferentes estádios de crescimento e desenvolvimento (imaturos, subadultos, adultos e pós-adultos ou pós-sexuais), de uma degradação partenogenética dos órgãos reprodutivos ou, então, de uma variabilidade natural dentro das espécies, como defeitos na regeneração e ecotipo (variante genética local causada por fatores geográficos, climáticos e de solo entre outros). São considerados imaturos as minhocas jovens sem clitelo e órgãos sexuais desenvolvidos; subadultos são os imaturos de grandes dimensões e sem marcas sexuais; adultos são os espécimens com clitelo e os pós-adultos são os que se encontram em fase senescente e não apresentam clitelo, sendo esta última categoria de difícil distinção (LJUNGSTRÖM, 1970). Dessa forma, clitelados são todos os indivíduos ativos sexualmente (adultos) e aclitelados são todos os indivíduos imaturos, subadultos e pós-adultos, com clitelo subdesenvolvido ou ausente.

Na morfologia dos espécimens partenogenéticos pode ocorrer uma redução nos órgãos sexuais. Essa redução pode afetar apenas algumas partes, como a ausência de algumas ou de todas as espermatecas ou, em alguns casos, a falta de alguns ou de todos os órgãos genitais, papilas e ausência de próstatas. Apenas o clitelo e ovários com seus ovidutos e ovisacos são essenciais para reprodução (LJUNGSTRÖM, 1970; GATES<sup>50</sup> citado

---

<sup>48</sup> SIMS, R.W.; EASTON, E.G. A numerical revision of the earthworm genus *Pheretima* auct. (Megascolecidae: Oligochaeta) with the recognition of North borneo Expedition. **Biol. J. Soc.**, v.04, p.169-268, 1972.

<sup>49</sup> EASTON, E.G. A revision of the *Pheretima* Group (Megascolecidae: Oligochaeta): *Archipheretima*, *Metapheretima*, *Planapheretima*, *Pleinogaster* and *Polypheretima*. **Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool.)**, v.35, p.01-126, 1979.

<sup>50</sup> GATES, G E. Burmese Earthworms. An introduction to the systematics and biology of megadrile oligochaetes with reference to Southeast Asia. **Trans. Am. Phil. Soc.**, NS, v.62, n.07, p.01-326, 1972a.

por EDWARDS e BOHLEN, 1996a). As formas partenogenéticas ainda podem copular, mas com ou sem troca de esperma. Nas espécies peregrinas, podem ocorrer formas partenogenéticas que produzem descendentes viáveis sem cópula, que mantêm a maior parte de sua anatomia reprodutiva. A partenogênese pode dificultar a identificação de espécies. É possível deduzir que houve partenogênese em espécimens da família Megascolecidae quando ocorre a falta de poros das espermatecas ou, se presentes, a ausência de iridiscência nas mesmas, entre outras características.

A fixação dos espécimens pode causar a eversão das espermatecas e poros superficiais podem invaginar. A preservação pode ocasionar a eversão da faringe, o que pode impedir a visualização do prostômio, que também pode ser invaginado (LJUNGSTRÖM, 1970). Assim, essas características anatômicas não podem ser sempre consideradas.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Município de Castro (PR), na Colônia Castrolanda. O Município de Castro se situa, na maior parte, no Primeiro Planalto Paranaense, com uma pequena parte a oeste no Segundo Planalto (FASOLO et al., 2002).

Para a extração dos Oligochaeta edáficos, foi eleita a Fazenda Onça, com atividade suinícola, de propriedade do Sr. Roelof Rabbers e filiada à Cooperativa Castrolanda, sendo efetivada no período de 16 a 23 de dezembro de 2003. A sede da Fazenda possui as coordenadas geográficas de 24°48'00" latitude Sul e 49°54'05" longitude Oeste e altitude de 1000 m.

O clima na região é Cfb segundo Köppen, temperado úmido, mesotérmico, com temperatura média anual em torno de 17°C e precipitação anual média entre 1400 e 1600 mm (IAPAR, 1994, 2000; FASOLO et al., 2002). A temperatura média no mês de dezembro foi de 21°C e a precipitação acumulada no período de amostragem atingiu 136 mm.

Os solos na porção superior do Grupo Campos Gerais, no domínio da Formação Ponta Grossa, são mais argilosos que os da Formação Furnas, na porção basal do Grupo Campos Gerais, que possuem textura média. Nas litologias que compõe o Grupo Castro predominam solos argilosos com altos teores de M.O.. Os solos situados por onde passa a estrada Castro-Castrolanda são do Grupo Campos Gerais da Formação Ponta Grossa, tendo como material de origem, fundamentalmente, folhelho. O relevo regional é suave ondulado. Os solos predominantes são Latossolo Vermelho distrófico húmico, Cambissolo Háplico tb distrófico típico e Latossolo Bruno ácrico húmico (FASOLO et al., 2002).

#### 3.1 ECOSSITEMAS

Os ecossistemas avaliados foram plantio direto, pastagem perene e mata com grande influência antrópica. O talhão de plantio direto, com 36,54 ha, seguia a sucessão soja-milho-feijão, com azevém (*Lolium multiflorum*) como cobertura para o feijão (*Phaseolus vulgaris*) e soja (*Glycine max*), e aveia (*Avena* sp.) ou cevada (*Hordeum vulgare*) como cobertura para o milho (*Zea mays*).

Na época de extração das minhocas, havia sido colhido o trigo (*Triticum* sp.) utilizado para pastejo, produção de grãos e retirada da palha para feno e a cultura da soja estava recém implantada. Entretanto, a cultura do trigo não é explorada com muita frequência. A pastagem perene, de aproximadamente 25 ha, era composta de *Brachiaria* sp., *Cynodon* sp. e gramíneas nativas, sendo utilizada por bovinos e ovinos. A área de mata, com

aproximadamente 15 ha, apresentava relevo montanhoso e constituía proteção para um corpo de água, sendo área de preservação permanente, tendo como vegetação primária floresta subtropical perenifólia.

### 3.2 EXTRAÇÃO DOS OLIGOCHAETA EDÁFICOS

A amostragem dos diferentes ecossistemas foi realizada em locais com distância mínima entre si de 5 m (BOUCHÉ e GARDNER, 1984; BOUCHÉ<sup>51</sup> citado por LEE, 1985c) escolhidos aleatoriamente. Essa distância tem a finalidade de evitar interferências na coleta de amostras adjacentes. No talhão de plantio direto, foram seguidas quatro linhas paralelas, onde em cada linha foi realizada a extração com uma das soluções. No talhão de pastagem perene, as extrações foram realizadas em duas linhas paralelas, onde em cada linha foram utilizadas duas soluções extratoras, e no talhão de mata as extrações foram totalmente aleatórias em função da topografia, respeitando-se a distância mínima.

Para a amostragem, os resíduos da superfície do solo foram retirados manualmente nas áreas de plantio direto e mata e com o auxílio de uma enxada na área de pastagem perene, fixando-se em seguida um anel metálico de 0,407 m de diâmetro e 0,108 m de altura, com área de 0,1301 m<sup>2</sup>, onde foram adicionadas as soluções extratoras. O anel metálico foi fixado manualmente, de forma a evitar um maior aprofundamento no perfil no solo das minhocas de maiores dimensões e biomassa (CHAN e MUNRO, 2001). As soluções extratoras foram utilizadas em uma mesma seqüência nos ecossistemas avaliados, seguindo-se a ordem solução de formol a 2,2 g L<sup>-1</sup> e solução de AITC nas doses de 50, 100 e 150 mg L<sup>-1</sup>, sucessivamente.

#### 3.2.1 Extração com formol

Foram utilizados 5L por ponto de amostragem de uma solução de formol a 2,2 g L<sup>-1</sup> (RAW, 1959), que foi preparada diluindo-se 30,14 mL de formol puro para análise (PA) (365 g L<sup>-1</sup> de formaldeído) em água. As minhocas expulsas das galerias foram coletadas com uma pinça metálica e fixadas em etanol 70% em um béquer plástico com capacidade de 1 L, sendo, em seguida, transferidas para recipientes plásticos com capacidade de 250 mL contendo etanol 70%, por um período de 3 h a 6 h (ISO/WD 23611-1, 2002).

---

<sup>51</sup> BOUCHÉ, M.B. "Lombriciens de France. Ecologie et Systématique". INRA Publ. 72-2. Paris: Intitut National des Recherches Agicaturelles, 1972.

O procedimento de amostragem foi finalizado após 10 minutos da total infiltração da solução (TANCK et al., 2000; ZABORSKI, 2003). Foram amostrados sete pontos por ecossistema (7 repetições) e as minhocas extraídas em cada ponto foram acondicionadas separadamente em recipientes de 250 mL identificados, para posterior determinação da densidade populacional, biomassa e classificação dos Oligochaeta.

Com a finalidade de se evitar autotomia com danos subseqüentes aos animais, as minhocas adultas foram tocadas na porção anterior do corpo. Essa fração foi identificada pela localização do clitelo, que se encontra mais próximo à cabeça.

Quando ocorreu amputação de parte de algum animal durante a extração, ambas as partes foram coletadas para a avaliação da biomassa ser correta, e na determinação da densidade populacional foi incluída apenas a parte frontal.

Após a fixação, as minhocas foram transferidas para uma solução de formol 40 g L<sup>-1</sup> por nove dias e, em seguida, os animais foram armazenados em etanol 70% para conservação e posterior identificação (BOUCHÉ e GARDNER, 1984; ISO/WD 23611-1, 2002).

As minhocas foram transportadas ao Laboratório de Biologia do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola do SCA da UFPR (Curitiba/PR) e, após nove dias, a solução de formol foi substituída por etanol 70%. Essa solução foi substituída até a mesma permanecer límpida. Após, as minhocas foram contadas, verificando-se sua massa simultaneamente (ZABORSKI, 2003).

As minhocas preservadas foram lavadas em água deionizada com pisseta até completa remoção de resíduos aderidos à superfície do corpo. Em seguida, foram secas em papel toalha por, aproximadamente, um minuto, contadas e pesadas em uma balança com precisão de milésimo de grama. Após, foram conservadas novamente em etanol 70%.

### 3.2.2 Extração com AITC

Nas mesmas áreas onde foi realizada a extração com a solução de formol, foi utilizada a solução de AITC nas doses de 50, 100 e 150 mg L<sup>-1</sup>. Cada concentração foi testada em 7 repetições. As diferentes soluções foram obtidas a partir de uma solução-estoque. Foi utilizado o reagente Allyl isothiocyanate marca Fluka (pureza  $\geq$  98% e densidade 1,02 g mL<sup>-1</sup>). Esse reagente não é prontamente solúvel em água. Assim, foi diluído em isopropanol 99,9% a fim de se obter a solução-estoque com concentração de 5 g L<sup>-1</sup>. Dessa maneira, pipetou-se 2,5 mL ou 5 mL de AITC em um balão volumétrico de 0,5 L ou 1 L, respectivamente, e completou-se o volume com isopropanol 99,9%. A solução-

estoque foi preparada diariamente pouco antes de sua utilização e a solução extratora na concentração desejada foi preparada no momento de seu uso. Esse procedimento foi seguido com a finalidade de se evitar a hidrólise prévia do AITC (ZABORSKI, 2003).

A extração com a solução de AITC nas diferentes concentrações foi realizada como no item 3.2.1.

### 3.3 ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS

Foram coletadas vinte amostras simples próximas aos locais de extração dos Oligochaeta, na camada de 0-15 cm para formar uma composta por ecossistema avaliado. O solo coletado foi seco ao ar, para evitar alterações devido à atividade microbiana, e acondicionado em sacos plásticos, sendo transportado até os Laboratórios de Fertilidade e Física do Solo da UFPR, para realização das análises químicas (rotina) e físicas (granulométrica) segundo MARQUES e MOTTA (2003) e MACHADO (2003), respectivamente. Os resultados das análises químicas e físicas se encontram nas Tabelas 3 e 4.

TABELA 3. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SOLOS NOS ECOSSISTEMAS PLANTIO DIRETO, PASTAGEM PERENE E MATA, NA PROFUNDIDADE DE 0-15 cm, CASTRO (PR).

Ecosistema	pH CaCl <sub>2</sub>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	T	P	C	m	V
		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	%	%
Plantio direto	6,0	0	2,5	6,1	3,6	0,74	13,0	11,5	31,7	0	80,7
Pastagem	5,8	0	3,7	6,8	4,9	0,87	16,2	636,0	39,5	0	77,2
Mata	4,3	1,4	10,2	5,0	3,2	0,35	18,7	45,0	60,6	14,1	45,6

Al<sup>3+</sup> (alumínio), H+Al (hidrogênio+alumínio), Ca<sup>2+</sup> (cálcio), Mg<sup>2+</sup> (magnésio), K<sup>+</sup> (potássio), T (CTC total), P (fósforo), C (carbono), m (saturação de alumínio), V (saturação de bases)

TABELA 4. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DOS SOLOS NOS ECOSSISTEMAS PLANTIO DIRETO, PASTAGEM PERENE E MATA, NA PROFUNDIDADE DE 0-15 cm, CASTRO (PR).

Ecosistema	Areia	Silte	Argila
	----- g kg <sup>-1</sup> -----		
Plantio direto	200	320	480
Pastagem	240	280	480
Mata	220	300	480

### 3.4 IDENTIFICAÇÃO DOS OLIGOCHAETA EDÁFICOS

A identificação dos Oligochaeta edáficos foi realizada no material preservado, de acordo com RIGHI (1966, 1990), SIMS e GERARD (1985) e TALAVERA (1987).

### 3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com doze tratamentos e sete repetições. Os tratamentos representaram o arranjo fatorial de três doses de AITC (50, 100 e 150 mg L<sup>-1</sup>) e uma de formol 2,2 g L<sup>-1</sup> testadas em três diferentes ecossistemas (plantio direto, pastagem perene e mata). Foram comparadas as médias dos diferentes tratamentos pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os números de densidade populacional e de biomassa foram transformados para uma área de um metro quadrado sendo, em seguida, calculada a biomassa média. A biomassa média foi multiplicada por 100 para realização da análise de variância e do Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4 RESULTADOS

Os resultados da análise de variância, apresentados na Tabela 5, indicam que os fatores ecossistemas e extratores não são independentes, tendo em vista que a interação entre eles foi significativa.

TABELA 5. RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A EXTRAÇÃO DE MINHOCAS (ind m<sup>-2</sup>, g m<sup>-2</sup> E g espécime<sup>-1</sup>) PARA OS TRÊS ECOSSISTEMAS (PLANTIO DIRETO, PASTAGEM PERENE E MATA) E OS QUATRO EXTRATORES (FORMOL 2,2 g L<sup>-1</sup> E AITC NAS DOSES DE 50, 100 E 150 mg L<sup>-1</sup>), CASTRO (PR), 2003.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio		
		Densidade	Biomassa	Biomassa Média
Ecosistemas	2	71697,408**	10154,728**	4324,085**
Extratores	3	33438,026**	1502,829**	1074,081**
Ecosistemas x Extratores	6	22978,498**	2157,730**	252,760**
Erro Experimental	72	23,916	3,131	5,293
Total	83			
Teste de Bartlett - $\chi^2$		17,009 <sup>ns</sup>	18,513 <sup>ns</sup>	5,317 <sup>ns</sup>
Coeficiente de Variação		5,61%	7,29%	8,59%

ns – não significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

O Teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 6) mostra que para o ecossistema plantio direto, o tratamento com AITC 50 foi estatisticamente superior aos demais na obtenção da densidade populacional, o AITC 100 foi superior aos demais na obtenção da biomassa e o AITC 150 obteve a maior biomassa média. Para o ecossistema pastagem perene, o tratamento com formol 2,2 g L<sup>-1</sup> extraiu as maiores densidade populacional e biomassa total e os extratores AITC 100 e 150 foram estatisticamente equivalentes e alcançaram a maior biomassa média. Para o ecossistema mata, a solução de formol obteve a maior densidade populacional e os tratamentos formol, AITC 50 e 100 foram iguais estatisticamente e alcançaram a maior biomassa total. Nesse ecossistema, o tratamento AITC 100 foi estatisticamente superior aos demais na extração de indivíduos de maior biomassa média.

Ao se comparar pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade o efeito de um mesmo extrator nos diferentes ecossistemas (Tabela 6), encontrou-se a maior densidade populacional, biomassa e biomassa média extraídas pelo tratamento com a solução de formol 2,2 g L<sup>-1</sup> no ecossistema pastagem. Os tratamentos com AITC 50 e 100 se comportaram de forma similar e obtiveram a maior densidade populacional e biomassa no

ecossistema plantio direto e a maior biomassa média foi encontrada no ecossistema pastagem. Com o tratamento AITC 150, os ecossistemas plantio direto e pastagem perene apresentaram comportamento igual estatisticamente na obtenção da densidade populacional, com a maior biomassa e biomassa média sendo obtidas no ecossistema pastagem.

TABELA 6. DENSIDADE POPULACIONAL, BIOMASSA E BIOMASSA MÉDIA OBTIDAS COM OS EXTRATORES FORMOL NA DOSE DE 2,2 g L<sup>-1</sup> E AITC NAS DOSES DE 50, 100 E 150 mg L<sup>-1</sup> EM TRÊS ECOSSISTEMAS DISTINTOS (PLANTIO DIRETO, PASTAGEM PERENE E MATA), CASTRO (PR), 2003.

Extratores	Ecossistemas		
	Plantio direto	Pastagem perene	Mata
	----- Densidade (ind m <sup>-2</sup> ) -----		
Formol 2,2 g L <sup>-1</sup>	123,4 b B*	270,4 a A	38,7 a C
AITC 50 mg L <sup>-1</sup>	144,0 a A	81,6 b B	29,6 b C
AITC 100 mg L <sup>-1</sup>	115,4 c A	50,4 d B	23,7 b C
AITC 150 mg L <sup>-1</sup>	76,1 d A	69,9 c A	23,3 b B
	----- Biomassa (g m <sup>-2</sup> ) -----		
Formol 2,2 g L <sup>-1</sup>	21,7 c B	83,4 a A	4,3 ab C
AITC 50 mg L <sup>-1</sup>	26,3 b A	20,5 d B	4,1 ab C
AITC 100 mg L <sup>-1</sup>	31,3 a A	25,9 c B	6,2 a C
AITC 150 mg L <sup>-1</sup>	25,1 b B	39,5 b A	2,9 b C
	----- Biomassa média (g espécime <sup>-1</sup> ) -----		
Formol 2,2 g L <sup>-1</sup>	0,1922 c B	0,3078 b A	0,1233 b C
AITC 50 mg L <sup>-1</sup>	0,1877 c B	0,2977 b A	0,1319 b C
AITC 100 mg L <sup>-1</sup>	0,2833 b B	0,4971 a A	0,2493 a C
AITC 150 mg L <sup>-1</sup>	0,3453 a B	0,4943 a A	0,1042 b C

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas (entre extratores) e maiúscula nas linhas (entre ecossistemas) para a mesma variável, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 7 encontra-se a relação entre a densidade populacional de espécimens clitelados e aclitelados obtida com os extratores formol 2,2 g L<sup>-1</sup> e AITC nas doses de 50, 100 e 150 mg L<sup>-1</sup>. Nessa Tabela verifica-se que o extrator formol 2,2 g L<sup>-1</sup> extraiu o maior número de indivíduos aclitelados no ecossistema plantio direto, seguido sucessivamente pela mata e pastagem perene. Com o extrator AITC na dose de 50 mg L<sup>-1</sup> foi obtido o maior número de espécimens aclitelados no ecossistema mata, seguido pela pastagem perene e plantio direto. Com o extrator AITC na dose de 100 mg L<sup>-1</sup> também foi encontrado o maior número de indivíduos aclitelados no ecossistema mata, seguido pelo plantio direto e pastagem perene. O comportamento na extração de indivíduos aclitelados com o extrator AITC na dose de 150 mg L<sup>-1</sup> foi similar ao obtido com o extrator AITC na dose de 100 mg L<sup>-1</sup>, onde o maior número de indivíduos aclitelados foi encontrado no ecossistema mata seguido plantio direto e pastagem perene sucessivamente.

TABELA 7. RELAÇÃO ENTRE A DENSIDADE POPULACIONAL DOS OLIGOCHAETA EDÁFICOS CLITELADOS:ACLITELADOS (EM %) OBTIDA COM OS EXTRATORES FORMOL 2,2 g L<sup>-1</sup> E AITC NAS DOSES DE 50, 100 E 150 mg L<sup>-1</sup>, CASTRO (PR), 2003.

Extratores	Plantio Direto	Pastagem perene	Mata
Formol 2,2 g L <sup>-1</sup>	14,3 : 85,7	27,8 : 72,2	21,6 : 78,4
AITC 50 mg L <sup>-1</sup>	20,9 : 79,1	18,2 : 81,8	10,8 : 89,2
AITC 100 mg L <sup>-1</sup>	32,2 : 67,8	36,6 : 63,4	22,6 : 77,4
AITC 150 mg L <sup>-1</sup>	34,3 : 65,7	59 : 41	6,3 : 93,7

Na Tabela 8 se encontram as diferentes famílias de Oligochaeta edáficos observadas nas extrações realizadas nos ecossistemas plantio direto, pastagem perene e mata.

TABELA 8. OCORRÊNCIA DAS DIFERENTES FAMÍLIAS DE OLIGOCHAETA NOS ECOSSISTEMAS AVALIADOS, COM OS EXTRATORES FORMOL 2,2 g L<sup>-1</sup> E AITC NAS DOSES DE 50, 100 E 150 mg L<sup>-1</sup>, CASTRO (PR), 2003.

Famílias	Plantio Direto	Pastagem perene	Mata
Lumbricidae	1 espécie	1 espécie	0
Octochaetidae	0	1 espécie	1 espécie
Megascolecidae	4 espécies	4 espécies	2 espécies

Na Tabela 9 são encontradas as espécies de Oligochaeta edáficos extraídas com as diferentes soluções testadas.

TABELA 9. OCORRÊNCIA DAS DIFERENTES ESPÉCIES DE OLIGOCHAETA EDÁFICOS NOS ECOSSISTEMAS AVALIADOS EM FUNÇÃO DA SOLUÇÃO EXTRATORA UTILIZADA, CASTRO (PR), 2003.

Espécies	Formol 2,2 g L <sup>-1</sup>	AITC 50 mg L <sup>-1</sup>	AITC 100 mg L <sup>-1</sup>	AITC 150 mg L <sup>-1</sup>
Lumbricidae spp.*	Plantio Direto, Pastagem	Pastagem	0	0
<i>Dichogaster bolau</i>	Mata	Mata	Mata, Pastagem	0
<i>Metaphire californica</i>	Pastagem	Pastagem	Plantio Direto	Plantio Direto, Pastagem
<i>Amyntas morrisi</i>	Plantio Direto, Pastagem, Mata	Plantio Direto, Pastagem, Mata	Plantio Direto, Pastagem	Plantio Direto, Pastagem
<i>Amyntas gracilis</i>	Pastagem	Plantio Direto, Pastagem	Plantio Direto, Pastagem	Plantio Direto, Pastagem
<i>Amyntas corticis</i>	Pastagem, Mata	Pastagem, Mata	Mata	Plantio Direto, Pastagem, Mata

\*Espécie ainda não determinada

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 DENSIDADE POPULACIONAL, BIOMASSA E BIOMASSA MÉDIA

Na área de plantio direto, a maior densidade populacional foi obtida com AITC 50, que se situa na faixa apontada por EDWARDS (1983) (100 a 200 m<sup>-2</sup>). O valor de 144 m<sup>-2</sup> (Tabela 6) está próximo aos valores máximos encontrados por VOSS (1986), PEIXOTO e MAROCHI (1996) e TANCK et al. (2000) em municípios da região (Tabela 2). O maior valor de biomassa foi alcançado com o tratamento AITC 100 (31,3 g m<sup>-2</sup>) (Tabela 6), que está dentro da faixa encontrada por TANCK et al. (2000) (Tabela 2).

A extração com formol na área de plantio direto apresentou menores resultados de densidade populacional e biomassa que o AITC 50 (Tabela 6). Uma das causas pode ser uma maior compactação do solo, reduzindo a atividade das minhocas (HAYNES e HAMILTON<sup>52</sup> citados por HAYNES et al., 2003), pois a extração com formol foi realizada em área mais próxima ao trânsito de máquinas e ao caminho preferencial de animais. Outra razão para a menor extração com a solução de formol pode ser o maior aprofundamento das minhocas no perfil do solo quando de sua utilização, com posterior imobilização e morte (CHAN e MUNRO, 2001; ZABORSKI, 2003). Segundo RIGHI (1997), a *Amyntas gracilis* é uma espécie epi-endogêica que vive na camada de 0-15 cm, deslocando-se horizontalmente no solo à procura de locais de maior umidade em períodos de menor precipitação.

As minhocas de espécies diferentes apresentam reações variadas a um mesmo extrator. Mesmo dentro de uma mesma espécie, os indivíduos reagem de forma desigual a um mesmo extrator em função de seu estágio de crescimento e desenvolvimento (BOUCHÉ e GARDNER, 1984; CALLAHAM e HENDRIX, 1997; CHAN e MUNRO, 2001; ZABORSKI, 2003). Em um solo de floresta, a eficiência na extração de *Oligochaeta* edáficos com a solução de formol, principalmente da família Lumbricidae, é menor durante o período do ano em que existe maior número de indivíduos jovens quando comparada com o método de extração manual (CALLAHAM e HENDRIX, 1997). Por outro lado, durante o período de maior ocorrência de minhocas de maior biomassa média, a extração com formol apresenta maior eficácia para estimar a densidade populacional e é equivalente à catação manual. Na Austrália, McCREDIE et al. (1992) observaram que, no início da estação das águas, a população de uma espécie lumbricida consiste, principalmente, de espécimens jovens e imaturos. Os casulos podem ser produzidos durante todo o ano, mas o pico de produção

---

<sup>52</sup> HAYNES, R.J.; HAMILTON, C.S. Effects of sugarcane production on soil quality: a synthesis of world literature. *Proc. S. Afr. Sug Technol. Assoc.*, v.73, p.45-51, 1999.

normalmente ocorre no final da primavera e início do verão. As minhocas derivam parte de sua nutrição de microrganismos e eles também apresentam grande atividade durante esse período (LEE, 1885a; EDWARDS e FLETCHER, 1988).

Os casulos de espécies exóticas apresentam um período de incubação entre 9 e 52 dias em função das condições climáticas e de solo (BAROIS et al., 1999). Os *Oligochaeta Amynthes gracilis* e *Amynthes corticis* podem apresentar mutualismo facultativo com microrganismos do solo, dependendo da temperatura, o que torna seus hábitos de alimentação mais flexíveis (BAROIS, 1992). Dessa forma, eles podem apresentar reprodução mais contínua, tanto sexual quanto por partenogênese, com a maior atividade acontecendo ao final da primavera e início do verão, que foi a época de extração dos *Oligochaeta* na propriedade estudada. Assim, poderia haver maior número de indivíduos jovens no ecossistema plantio direto no período de amostragem. Provavelmente por essa razão é que a solução de formol apresentou eficácia menor (Tabela 6), indicando que esses *Oligochaeta* são menos afetados pelo AITC na dose de 50 mg L<sup>-1</sup> que pela solução de formol.

Ao se estabelecer a relação clitelados:aclitelados extraídos com as diferentes soluções (Tabela 7), verifica-se que a solução de formol extraiu maior número de indivíduos aclitelados no ecossistema plantio direto (85,7%), indicando que eles estavam em maior número nessa área em relação aos demais ecossistemas avaliados, principalmente à pastagem perene (72,2%). Esse fato pode ser devido à maior estabilidade desse último ecossistema, que fornece alimento de qualidade (resíduos vegetais, dejetos animais e excreções radiculares) de forma constante. Dessa maneira, os espécimens podem alcançar maior biomassa média (Tabela 6) e não se faz necessária uma taxa de reprodução muito elevada (LAVELLE, 1983). Por outro lado, poderia haver casulos ainda não eclodidos. Na área de plantio direto, o ciclo das comunidades de minhocas deve estar em sintonia com os períodos de maior disponibilidade de alimento (LEE, 1985a) e, na época de amostragem, a cultura de verão (soja) estava recém implantada, com o solo apresentando maior massa de serrapilheira (palhada de trigo). Por outro lado, a solução de AITC nas doses de 50, 100 e 150 mg L<sup>-1</sup> extraiu o maior número de indivíduos aclitelados no ecossistema mata (77,4 a 93,7%) (Tabela 7). Esse ambiente é menos favorável ao crescimento e desenvolvimento dos *Oligochaeta* edáficos devido, fundamentalmente, à maior acidez (Tabela 3) e qualidade da M.O., e, por essa razão, a reprodução deve ser mais intensa para assegurar sua permanência (LAVELLE, 1983). Esse fato também pode ser observado na menor biomassa média obtida nesse ecossistema, com todos os extratores utilizados, em relação aos demais (Tabela 6).

As diferentes doses de AITC utilizadas apresentaram um gradiente negativo de eficiência na extração de indivíduos aclitelados no ecossistema plantio direto, com o incremento na dose utilizada, fato confirmado com a biomassa média (Tabelas 6 e 7). O número de indivíduos jovens extraídos tende a reduzir com o incremento na concentração da solução extratora, pois são mais susceptíveis aos efeitos deletérios de produtos químicos que os adultos (DANIEL et al.<sup>53</sup> citados por CHAN e MUNRO, 2001). Isso mostra que existe uma resposta positiva com os espécimens clitelados e negativa com a extração de indivíduos aclitelados com o incremento na dose de AITC. Dessa maneira, verifica-se que existem diferenças na obtenção de indivíduos em diferentes estádios de crescimento e desenvolvimento, em um mesmo período, em função do extrator utilizado (BOUCHÉ e GARDNER, 1984; LEE, 1985c; LAWRENCE e BOWERS, 2002; ZABORSKI, 2003).

Na pastagem perene, as maiores densidade populacional e biomassa foram obtidas com a solução de formol (Tabela 6). Os pontos de amostragem com esse extrator estavam localizados em maior proximidade, em relação aos amostrados com as diferentes doses de AITC, a um dos locais de alimentação dos animais. Dessa maneira, poderia haver maior teor de M.O. e umidade nessa região, possibilitando a formação de uma mancha de minhocas de alta densidade populacional e biomassa (EDWARDS 1983; FRAGOSO e LAVELLE, 1992; POIER e RICHTER, 1992; EDWARDS et al., 1995; CALLAHAM e HENDRIX, 1997). Esse maior teor de M.O. e umidade se deve a uma maior permanência de animais em áreas adjacentes a fontes de alimento concentrado. Por outro lado, o valor de densidade populacional encontrado com AITC na dose de 50 mg L<sup>-1</sup> (81,6 m<sup>-2</sup>) se encontra dentro da faixa obtida por BROWN et al. (2004) em pastagem perene na região de Londrina, por coleta manual (48-182 m<sup>-2</sup>). Da mesma forma, o valor de 81,6 m<sup>-2</sup> está dentro da faixa encontrada por RESSETTI et al. (2003) em Curitiba, por meio de extração com solução de formol 2,2 g L<sup>-1</sup> (15,4-123 m<sup>-2</sup>) (Tabela 2).

Na mata, a maior densidade populacional foi obtida com a solução de formol 2,2 g L<sup>-1</sup> (38,7 m<sup>-2</sup>) e as soluções de AITC nas doses de 50, 100 e 150 mg L<sup>-1</sup> não diferiram estatisticamente entre si. Para a variável biomassa, os tratamentos formol 2,2 g L<sup>-1</sup>, AITC 50 e AITC 100 foram equivalentes estatisticamente e superiores ao AITC 150 (Tabela 6). CHAN e MUNRO (2001) concluíram que o número de minhocas extraídas com a suspensão de mostarda aumentou com o incremento na concentração até determinado ponto, reduzindo a partir dele. Aqui esse comportamento foi observado na biomassa total e biomassa média, onde os maiores valores foram encontrados com AITC na dose de 100 mg L<sup>-1</sup> (Tabela 6).

---

<sup>53</sup> DANIEL, O.; JAGER, P.; CUENDET, G.; BIERI, M. Sampling of *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Pedobiologia*, v.36, p.213-220, 1992.

O ecossistema mata apresentou os menores valores de densidade populacional, biomassa e biomassa média entre todos os ecossistemas avaliados (Tabela 6). No México, FRAGOSO<sup>54</sup> citado por FRAGOSO et al. (1999b) também encontrou os menores valores de densidade populacional e biomassa em ecossistemas naturais que em agrossistemas. No ecossistema mata, o ambiente se encontrava totalmente modificado, não apresentando nenhuma espécie nativa (Tabelas 8 e 9). As famílias de Oligochaeta edáficos nativos na América do Sul são Glossoscolecidae, Ocnerodrilidae, Tumakidae e as subfamílias Dichogastrini e Acanthodrilini da família Megascolecidae (RIGHI, 1997; FRAGOSO et al., 1999b; FRAGOSO, 2004). Segundo FRAGOSO et al. (1999b), as espécies exóticas invasoras de Oligochaeta edáficos são mais adaptadas a sítios antropogênicos. TANCK et al. (2000) encontraram números muito superiores de biomassa aos aqui obtidos em uma mata nativa na região de Ponta Grossa (Tabelas 2 e 6). As diferenças se devem, provavelmente, ao fato da mata nativa avaliada por TANCK et al. (2000) não apresentar influência antropogênica significativa nem estar sujeita a condições anaeróbias intermitentes, que eram características da área de mata objeto dessa pesquisa. A menor biomassa média encontrada com a utilização de AITC na dose de 150 mg L<sup>-1</sup> nesse ecossistema (0,1042 g espécime<sup>-1</sup>) (Tabela 6) indica que aqui não existiam espécimens adultos de grande massa corpórea, fato confirmado pela menor relação clitelados:acitilados (6,3 : 93,7) (Tabela 7).

Os valores de biomassa média encontrados em todos os ecossistemas com a utilização da solução de formol e AITC na dose de 50 mg L<sup>-1</sup> foram estatisticamente iguais (Tabela 6), o que indica que esses extratores diferem na densidade populacional e biomassa total de indivíduos extraídos, mas não na biomassa média. A exceção é no ecossistema mata, onde a biomassa total também foi estatisticamente igual com a utilização desses mesmos extratores.

A biomassa média encontrada nos diferentes ecossistemas não diferiu estatisticamente entre os extratores testados (Tabela 6). O ecossistema pastagem perene apresentou a maior biomassa média, seguido pelo plantio direto e mata. Os indivíduos de maior biomassa média foram extraídos com a solução de AITC nas doses de 150 mg L<sup>-1</sup> no sítio de plantio direto, 100 e 150 mg L<sup>-1</sup> se equivaleram estatisticamente na pastagem e 100 mg L<sup>-1</sup> na mata (Tabela 6). Esse fato demonstra a superioridade do AITC na extração de espécimens de maior biomassa em relação à solução de formol. No ecossistema pastagem perene, onde ocorre adição constante de M.O. com o ciclo natural da vegetação e dejetos

---

<sup>54</sup> FRAGOSO, C. **Les Peuplements de Vers de Terre dans l'Est et Sud'est du Mexique**. Ph.D. Thesis, Université de Paris VI, France, 1993.

animais e o solo não é revolvido, as minhocas são favorecidas. A vegetação e os dejetos na superfície fornecem alimento e auxiliam na manutenção da umidade, o que evita grande amplitude de variação na temperatura, e o não revolvimento mantém a estrutura do solo e não predispõe os Oligochaeta a danos físicos diretos, além de não expor esses animais aos seus predadores.

Na Tabela 6, verifica-se que a biomassa média das minhocas extraídas com a solução de AITC na dose de  $100 \text{ mg L}^{-1}$ , em todos os ecossistemas avaliados, foi superior estatisticamente à solução de formol  $2,2 \text{ g L}^{-1}$ . A solução de AITC na dose de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  também extraiu maior número de indivíduos clitelados em relação à solução de formol  $2,2 \text{ g L}^{-1}$  (Tabela 7). Por outro lado, a solução de formol  $2,2 \text{ g L}^{-1}$  foi superior à de AITC na dose de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  na extração de maior densidade populacional (Tabela 6). Contrariamente, ZABORSKI (2003) não encontrou diferenças estatísticas entre a densidade populacional e biomassa extraídas com as soluções de formol  $2 \text{ g L}^{-1}$  (0,2% equivale a  $2 \text{ g L}^{-1}$  e não a  $200 \text{ mg L}^{-1}$  como está no trabalho desse autor – comunicação pessoal) e AITC  $100 \text{ mg L}^{-1}$ . Entretanto, a biomassa média das minhocas extraídas (todas da família Lumbricidae) tendeu a ser maior com AITC (formol  $2 \text{ g L}^{-1} = 0,9 \text{ g}$  de biomassa média; AITC  $100 \text{ mg L}^{-1} = 1,08 \text{ g}$  de biomassa média), fato similar ao que ocorreu nesse trabalho (Tabela 6). Em ZABORSKI (2003), a extração com a solução de AITC na dose de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  foi mais eficiente na amostragem de minhocas anécicas de maior biomassa média (*Lumbricus terrestris*). Dessa forma, as minhocas de maior biomassa, ao contrário do que ocorre com a solução de formol, são direcionadas à superfície quando da utilização de AITC, enquanto a solução de formol leva a um maior aprofundamento no perfil do solo desses Oligochaeta e, posteriormente, é provável que provoque sua inativação e morte. As diferenças encontradas nos resultados entre esse trabalho e do ZABORSKI (2003) devem ser devido, fundamentalmente, às espécies envolvidas, pois nos ecossistemas estudados, predominaram espécies da família Megascolecidae (Tabela 8).

Na área da mata, o principal fator responsável pela menor densidade populacional, biomassa e biomassa média entre todos os ecossistemas com todos os extratores (Tabela 6) pode ter sido o menor valor de pH, uma vez que o teor de argila se mostrou constante entre todos os ecossistemas e o de nutrientes não foi limitante (Tabelas 3 e 4). O pH está relacionado com outros parâmetros do solo que influenciam na densidade populacional, como teor de nutrientes e CTC entre outros (EDWARDS e BOHLEN, 1996c). Assim sendo, é difícil estabelecer a relação direta entre o pH do solo e a densidade populacional, exceto em casos onde existe um teor muito elevado ou extremamente baixo de íons  $\text{H}^+$ . O solo

nessa área também pode se tornar anaeróbio quando o fluxo do rio ultrapassa os limites de seu leito normal.

Todos os nutrientes analisados se encontram em altos teores devido, fundamentalmente, ao alto teor de M.O. e de argila (Tabelas 3 e 4), a qual pode proteger as substâncias húmicas da oxidação microbiana (TOMLIN et al., 1995). Apenas o teor de P se encontra suficiente na área de plantio direto, mas na pastagem perene e na mata é alto (BARTZ et al., 1994; RAIJ et al., 1996). Os altos teores de nutrientes na área de plantio direto são devido a aplicações de dejetos de suínos aliadas à adubação mineral, enquanto na pastagem perene são devido, principalmente, à aplicação de dejetos de suínos. A pastagem perene também recebe dejetos animais quando utilizada, além de estar situada em cota inferior à área de plantio direto, o que possibilita o transporte de parte dos dejetos de suínos aplicados à sua área com o escoamento superficial da água de precipitação. Uma taxa maior de dejetos de suínos é aplicada nesse talhão em relação ao talhão de plantio direto avaliado, por poder ser impraticável a entrada nesse último em função do estágio de crescimento e desenvolvimento da cultura implantada. O elevado teor de M.O. na mata é devido aos pontos amostrados estarem em superfície mais plana, para nivelar a aplicação e infiltração das soluções extratoras, à deposição de sedimentos quando o rio ocupa seu leito extraordinário, ao escoamento de dejetos de suínos vindos de áreas adjacentes de maiores cotas e também por causa da menor temperatura e pH. Como, de modo geral, a área é muito irregular e inclinada, os pontos mais planos são beneficiados por um maior acúmulo de resíduos orgânicos, tanto vegetais quanto animais. Os resíduos vegetais podem apresentar elevada relação C/N, devido a um alto teor de lignina, e teores de tanino e polifenóis acima dos tolerados pelos Oligochaeta. A qualidade dos resíduos orgânicos para a alimentação das minhocas depende do estágio de decomposição, teor de nutrientes, palatabilidade e propriedades físicas e químicas (EDWARDS e BOHLEN 1996b; LORENZ et al., 2000; YLI-OLLI e HUHTA, 2000).

## 5.2 FAMÍLIAS DE OLIGOCHAETA EDÁFICOS

Os Oligochaeta adultos da família Megascolecidae (*Amyntas morrisi*, *A. gracilis*, *A. corticis* e *Metaphire californica*) predominaram no talhão de plantio direto amostrado (98,6%), sendo o restante espécimens adultos da família Lumbricidae (espécie ainda não determinada) (Tabelas 8 e 9). Os indivíduos adultos de *Amyntas morrisi* representavam 93,5% das minhocas extraídas nesse talhão. Na pastagem perene, 95% das minhocas adultas presentes eram da família Megascolecidae e estavam distribuídas nas seguintes

proporções: *Amyntas morrиси* representava 45,9%, *A. gracilis* 39,3%, *A. corticis* 5,7% e *Metaphire californica* 4,1% dos indivíduos adultos. Uma espécie da família Lumbricidae estava presente com 4,1% dos indivíduos adultos (a mesma espécie ainda não determinada encontrada no talhão de plantio direto) e 0,9% eram indivíduos da espécie *Dichogaster bolau*i da família Octochaetidae. Na mata, 81% dos espécimens adultos encontrados eram da família Megascolecidae [(*Amyntas corticis* (62%) e *A. morrиси* (19%)] e 19% eram da família Octochaetidae (*Dichogaster bolau*i).

Na região de Castro, onde a temperatura média anual (17 a 18°C) e a não ocorrência de estação seca no inverno (junho a agosto com 250 a 350 mm de precipitação) tendem a manter a cobertura do solo em plantio direto, o ambiente edáfico é mantido favorável a *Amyntas* spp. e *Metaphire* spp. (FRAGOSO et al., 1999a; IAPAR, 1994, 2000; FASOLO et al., 2002; BROWN et al., 2004). Em oposição, na região de Londrina as minhocas presentes em florestas perturbadas e em agrossistemas são, principalmente, das famílias Octochaetidae e Glossoscolecidae (BROWN et al., 2004). O clima mais quente nessa região, onde a temperatura média anual fica ao redor de 21°C e a precipitação na estação seca é em torno de 225 mm (de junho a agosto), tende a reduzir o teor de M.O. na superfície do solo, limitando a colonização e sobrevivência de *Amyntas* spp. e *Metaphire* spp. (IAPAR, 1994, 2000; FRAGOSO et al., 1999b; BROWN et al., 2004). Os espécimens dessas famílias apresentam biomassa média inferior às Megascolecidae *Amyntas* spp. e *Metaphire* spp. e, por essa razão, a densidade populacional de minhocas na região de Londrina é similar à da região de Castro, mas a biomassa é muito menor (Tabela 2).

Normalmente, mesmo nas comunidades mais diversas em uma área agrícola, são encontradas de 4 a 6 espécies diferentes de minhocas e raramente mais de 10 (LEE<sup>55</sup> citado por EDWARDS et al., 1995). Cada espécie de minhoca tem influência específica nos processos do solo (ciclagem de nutrientes, estabilidade dos agregados e macroporosidade). Como não foi encontrada nenhuma espécie nativa em nenhum dos ecossistemas avaliados [espécies das famílias Glossoscolecidae, Ocnero-drilidae ou das subfamílias Dichogastrini e Acanthodriliini da família Megascolecidae segundo RIGHI (1997), FRAGOSO et al. (1999b) e FRAGOSO (2004)] (Tabelas 8 e 9), é de se presumir que esses ambientes se encontram completamente transformados, não possuindo mais nenhuma característica original. Deve ser observado que existe controvérsia entre taxonomistas sobre se a família Octochaetidae é independente ou se é uma subfamília da família Megascolecidae (Dichogastrini). De qualquer forma, *Dichogaster bolau*i (da família Octochaetidae segundo RIGHI, 1990 e

---

<sup>55</sup> LEE, K.E. **Earthworms: Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use**. London: Academic press, 1985.

BLAKEMORE, 2003 e da subfamília Dichogastrini segundo FRAGOSO et al., 1999a) tem origem no continente africano (RIGHI, 1990; FRAGOSO et al., 1999a; BLAKEMORE, 2003).

Onde a vegetação nativa não é substituída, as espécies exóticas não tomam o lugar da fauna endêmica (REINECKE, 1983; FRAGOSO et al., 1997, 1999b). Na mata, as espécies nativas foram deslocadas dando lugar às exóticas peregrinas, sugerindo uma profunda modificação em um ecossistema que seria, inicialmente, para proteção de um corpo de água superficial. Como as espécies exóticas são mais adaptadas a sítios antropogênicos, nessa área elas apresentam pequena diversidade de espécies e também a menor densidade, biomassa e biomassa média dos ecossistemas avaliados (Tabelas 6 e 8). Essa mesma área também está sujeita a condições intermitentes de alagamento (anaerobiose). Apenas em sistemas onde a influência antropogênica não é significativa é que as espécies nativas têm oportunidade de permanecer (FRAGOSO et al., 1997, 1999b).

Nos agroecossistemas amostrados (plantio direto e pastagem perene), foram encontradas cinco espécies diferentes de Oligochaeta no talhão de plantio direto e seis espécies na pastagem perene (Tabela 8), com predomínio de epi-endogêicas, indicando que o sistema de plantio direto apresenta potencial similar à pastagem perene para abrigar diferentes espécies. As pastagens perenes são altamente favoráveis aos Oligochaeta edáficos, sendo funcionalmente similares às savanas e provendo nichos para a colonização de espécies exóticas (FRAGOSO et al., 1999b). Na Austrália, MELE e CARTER (1999) encontraram em pastagens 10 espécies diferentes de Oligochaeta edáficos pertencentes a três famílias. Foram encontradas seis espécies da família Lumbricidae e três espécies da família Acanthodrilidae, com apenas uma espécie nativa da família Megascolecidae (*Spenceriella* spp.). Em dados levantados por LEE (1985b), verifica-se que na Europa podem ocorrer de quatro a quatorze diferentes espécies de Oligochaeta edáficos em pastagens, com predomínio de espécies da família Lumbricidae.

Na Tabela 9 se observa que as diferentes espécies encontradas nos ecossistemas estudados se comportam de forma desigual em função da solução extratora utilizada (BOUCHÉ e GARDNER, 1984; LEE, 1985c; LAWRENCE e BOWERS, 2002; ZABORSKI, 2003). Deve ser ressaltado que a solução de formol, o extrator mais empregado na avaliação da densidade populacional e biomassa de minhocas, extraiu apenas duas espécies de Oligochaeta edáficos (Lumbricidae spp. e *Amyntas morrisi*) de um total de cinco espécies encontradas no talhão de plantio direto com os extratores testados (Tabelas 8 e 9). De forma similar, PEIXOTO e MAROCHI (1996) e TANCK et al. (2000) encontraram apenas espécies não determinadas do gênero *Amyntas* em talhões com plantio direto nos Municípios de Arapoti e Ponta Grossa (PR), respectivamente. O extrator utilizado por esses

pesquisadores foi solução de formol a  $5 \text{ g L}^{-1}$  e  $2,2 \text{ g L}^{-1}$ , respectivamente. A espécie *Amyntas gracilis* só foi extraída no talhão de plantio direto com as três doses de AITC testadas; *Amyntas corticis* com AITC na dose de  $150 \text{ mg L}^{-1}$  e *Metaphire californica* foi extraída nesse mesmo talhão apenas com a solução de AITC nas doses de  $100$  e  $150 \text{ mg L}^{-1}$  (Tabela 9). No talhão de pastagem perene, a espécie *Dichogaster bolau*, que normalmente não apresenta alta densidade populacional, foi extraída apenas com a solução de AITC na dose de  $100 \text{ mg L}^{-1}$ . Por essa razão, a utilização de diferentes extratores em um mesmo talhão pode ampliar os resultados alcançados. Da mesma forma, não se pode afirmar com certeza que determinada espécie de Oligochaeta não ocorre em um talhão em função das diferenças encontradas na reação de diferentes espécies a diferentes soluções extratoras (RAW, 1959; BOUCHÉ e GARDNER, 1984; LEE, 1985c; CHAN e MUNRO, 2001; LAWRENCE e BOWERS, 2002; ZABORSKI, 2003).

Os resultados de densidade populacional e biomassa encontrados com AITC nas doses de  $50$  e  $100 \text{ mg L}^{-1}$  mostram o plantio direto superior à pastagem perene (Tabela 6), mostrando o grande potencial desse sistema. O componente geográfico-filogenético, seguido pela influência do solo, é importante na determinação da estrutura funcional da comunidade (categorias ecológicas) (BOHLEN et al., 1995; FRAGOSO et al., 1999b).

## 6 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi desenvolvido, é possível concluir que:

- a) no ecossistema plantio direto, o extrator AITC na dose de  $50 \text{ mg L}^{-1}$  apresenta a maior eficiência na obtenção da densidade populacional e biomassa que o extrator formol  $2,2 \text{ g L}^{-1}$ ;
- b) o extrator formol  $2,2 \text{ g L}^{-1}$  é mais eficiente nos ecossistemas pastagem perene e mata;
- c) à medida do incremento na dose de AITC, ocorre redução na eficiência do extrator;
- d) a região estudada é caracterizada pelo predomínio de espécies exóticas de Oligochaeta edáficos, principalmente da família Megascolecidae; e
- e) o AITC é um produto importado e de preço elevado, o que pode ser limitante na sua utilização.

## 7 RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos, são feitas as seguintes recomendações:

- a) testar extratores ambientalmente corretos e alternativos à solução de formol em diferentes estações do ano; e
- b) realizar experimentos em diferentes sistemas de uso do solo e em diferentes culturas.

## REFERÊNCIAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**, v.32, n.02, p.531-537, 1998.

ATIYEH, R.M.; LEE, S.; EDWARDS, C.A.; ARANCON, N.Q.; METZGER, J.D. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. **Bioresource Technology**, v.84, p.07-14, 2002.

BAROIS, I. Mucus production and microbial activity in the gut of two species of *Amyntas* (Megascolecidae) from cold and warm tropical climates. **Soil Biology and Biochemistry**, v.24, n.12, p.1507-1510, 1992.

BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BROSSARD, M.; TONDOH, J.; MARTINEZ, M.A.; ROSSI, J.P.; SENAPATI, B.K.; ANGELES, A.; FRAGOSO, C.; JIMENEZ, J.J.; DECAËNS, T.; LATTAUD, C.; KANYONYO, J.; BLANCHART, E.; CHAPUIS, L.; BROWN, G.; MORENO, A. Ecology of earthworm species with large environmental tolerance and/or extended distributions. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. **Earthworm Management in Tropical Agroecosystems**. Oxon: CAB International, 1999. p.57-85.

BARTZ, H.R.; BISSANI, C.A.; SCHERER, E.E.; TASSINARI, G.; SIQUEIRA, O.J.W.; FELTRACO, L.; WIETHÖLTER, S. Metodologia de análise de planta e solo. In: **Recomendações de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3ª. Passo Fundo: SBCS, 1994. p.24-70.

BLAKEMORE, R.J. Japanese earthworms (Annelida: Oligochaeta): a review and checklist of species. **Organisms Diversity and Evolution**, v.11, p.01-43, 2003.

BLANCHART, E.; ALBRECHT, A.; ALEGRE, J.; DUBOISSET, A.; GILOT, C.; PASHANASI, B.; LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L. Effects of earthworm on soil structure and physical properties. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. **Earthworm Management in Tropical Agroecosystems**. Oxon: CAB International, 1999. p.149-172.

BOHLEN, P.J.; PARMELEE, R.W.; BLAIR, J.M.; EDWARDS, C.A.; STINNER, B.R. Efficacy of methods for manipulating earthworm populations in large-scale field experiments in agroecosystems. **Soil Biology and Biochemistry**, v.27, n.07, p.993-999, 1995.

BONKOWSKY, M.; GRIFFITHS, B.S.; RITZ, K. Food preferences of earthworms for soil fungi. **Pedobiologia**, v.44, p.666-676, 2000.

BOREK, V.; MORRA, M.J.; BROWN, P.D.; McCAFFREY, J.P. Transformation of the glucosinolate-derived allelochemicals allyl isothiocyanate and allylnitrile in soil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.43, p.1935-1940, 1995.

BOUCHARD, D.C.; WILLIAMS, M.K.; SURAMPALLI, R.Y. Nitrate contamination of ground water: sources and potential health effects. **Journal of the American Water Works Association**, v.84, p.85-90, 1992.

BOUCHÉ, M.B. The establishment of earthworm communities. In: SATCHELL, J.E. **Earthworm Ecology from Darwin to Vermiculture**. London: Chapman and Hall, 1983. p.431-448.

BOUCHÉ, M.B.; GARDNER, R.H. Earthworm functions: VIII. – population estimation techniques. **Revue d'Ecologie et Biologie Sol**, v.21, n.01, p.37-63, 1984.

BROWN, G.G. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? **Plant and Soil**, v.170, p.209-231, 1995.

BROWN, G.G.; BAROIS, I.; LAVELLE, P. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. **European Journal of Soil Biology**, v.36, p.177-198, 2000.

BROWN, G.G. ; BENITO, N.P.; PASINI, A.; SAUTTER, K.D.; GUIMARÃES, M.F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná state, Brazil. **Pedobiologia**, v.47, n.5-6, p.764-771, 2004.

BROWN, G.G. ; PASHANASI, B.; VILLENAVE, C.; PATRÓN, J.C.; SENAPATI, B.K.; GIRI, S.; BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; BLACKEMORE, R.J.; SPAIN, A.V.; BOYER, J. Effects of earthworms on plant production in the tropics. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. **Earthworm Management in Tropical Agroecosystems**. Oxon: CAB International, 1999. p.87-147.

CALLAHAM, M.A.; HENDRIX, P.F. Relative abundance and seasonal activity of earthworms (Lumbricidae and Megascolecidae) as determined by hand-sorting and formalin extraction in forest soils on southern Appalachian Piedmont. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, n.3/4, p.317-321, 1997.

CHAN, K.Y. Development of seasonal water repellence under direct drilling. **Soil Science Society of American Journal**, v.56, p.326-329, 1992.

CHAN, K.Y. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity implications for functioning in soils. **Soil and Tillage Research**, v.57, p.179-191, 2001.

CHAN, K.Y.; MUNRO, K. Evaluating mustard extracts for earthworm sampling **Pedobiologia**, v.45, p.272-278, 2001.

CHAUVEL, A.; GRIMALDI, M.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; DESJARDINS, T.; SARRAZINI, M.; LAVELLE, P. Pasture damage by an Amazonian earthworm. **Nature**, v.398, p.32-33, 1999.

CICAD (Concise International Chemical Assessment Document). **Formaldehyde**. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad40.htm#5.4>> Acesso em 18 jun. 2003.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Revisão da Resolução 020/86 sobre Classificação e Enquadramento de Corpos de Água**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/C4297E2D/PropResolrevis02086versao527ago03.doc>> Acesso em 27 fev. 2004.

CRAUL, P.J. Soil compactation and its amelioration. In: **Urban Soil in Landscape Design**. New York: John Wiley & Sons, 1992. p.210-243.

DEFFUNE, G. O plantio direto e a agricultura orgânica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA – CONSERVANDO A ÁGUA E PRESERVANDO A VIDA, 8., 2002, Águas de Lindóia, SP. **Resumos**. Ponta Grossa: FEBRAPDP - Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2002. p.71-73.

DIESEL, R.; MIRANDA, C.R.; PERDOMO, C.C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos. **BIPERS**, n.14, 2002. 31p.

EDWARDS, C.A. Earthworm ecology in cultivated soils. In: SATCHELL, J.E. **Earthworm Ecology from Darwin to Vermiculture**. London: Chapman and Hall, 1983. p.123-138.

EDWARDS, C.A.; BOHLEN, P.J. Earthworm biology. In: **Biology and Ecology of Earthworms**. 3ª. London: Chapman & Hall, 1996a. p.46-70.

EDWARDS, C.A.; BOHLEN, P.J. Earthworm ecology: communities. In: **Biology and Ecology of Earthworms**. 3ª. London: Chapman & Hall, 1996b. p.112-133.

EDWARDS, C.A.; BOHLEN, P.J. The influence of environmental factors on earthworms. In: **Biology and Ecology of Earthworms**. 3ª. London: Chapman & Hall, 1996c. p.134-154.

EDWARDS, C.A.; BOHLEN, P.J.; LINDEN, D.R.; SUBLER, S. Earthworms in agroecosystems. In: HENDRIX, P.F. **Earthworm Ecology and Biogeography in North America**. Boca Raton: CRC, 1995. p.185-213.

EDWARDS, C.A.; FLETCHER, K.E. Interactions between earthworms and microorganisms in organic-matter breakdown. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.24, p.235-247, 1988.

EDWARDS, W.M.; SHIPITALO, M.J. Consequences of earthworms in agricultural soils: aggregation and porosity. In: EDWARDS, C.A. **Earthworm Ecology**. Boca Raton: CRC, 1998. p.147-161.

ELLIOTT, P.W.; KNIGHT, D.; ANDERSON, J.M. Denitrification in earthworm casts and soil from pasture under different fertilizer and drainage regimes. **Soil Biology and Biochemistry**, v.22, p.601-605, 1990.

EMMERLING, C. Response of earthworm communities to different types of soil tillage. **Applied Soil Ecology**, v.17, p.91-96, 2001.

ESTER, A.; van ROZEN, K. Earthworms (*Aporrectodea* spp.; Lumbricidae) cause soil structure problems in young Dutch polders. **European Journal of Soil Biology**, v.38, p.181-185, 2002.

FASOLO, P.J.; CARVALHO, A.P.; POTTER, R.O.; BOGNOLA, I.A.; BHERING, S.B.; MARTORANO, L.G. **Caracterização dos Solos do Município de Castro, PR**. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 2002. 88p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n.09).

FRAGOSO, C. Taxonomía, diversidad y biogeografía de las lombrices de tierra de América Latina. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE ECOLOGIA E TAXONOMIA DE OLIGOQUETAS, 1., 2003, Londrina/Curitiba, PR. **Palestra**. Londrina: EMBRAPA - CNPS, 2004. (Em CD Rom).

FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Earthworm communities of tropical rain forests. **Soil Biology and Biochemistry**, v.24, n.12, p.1397-1408, 1992.

FRAGOSO, C.; BROWN, G.G.; PATRÓN, J.C. BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B.; KUMAR, T. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. **Applied Soil Ecology**, v.06, p.17-35, 1997.

FRAGOSO, C.; KANYONYO, J.; MORENO, A.; SENAPATI, B.K.; BLANCHART, E.; RODRIGUEZ, C. A survey of tropical earthworms: taxonomy, biogeography and environmental plasticity. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. **Earthworm Management in Tropical Agroecosystems**. Oxon: CAB International, 1999a. p.01-25.

FRAGOSO, C.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; SENAPATI, B.K.; JIMENEZ, J.J.; MARTINEZ, M.A.; DECAËNS, T.; TONDOH, J. Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. **Earthworm Management in Tropical Agroecosystems**. Oxon: CAB International, 1999b. p.27-55.

GONZÁLES, G.; ZOU, X.; SABAT, A.; FETCHER, N. Earthworm abundance and distribution pattern in contrasting plant communities within a tropical wet forest in Puerto Rico. **Caribbean Journal of Science**, v.35, n.1-2, p.93-100, 1999.

GRISI, B.; GRACE, C.; BROOKES, P.C.; BENEDETTI, A.; DELL'ABATE, M.T. Temperature effects on organic matter and microbial biomass dynamics in temperate and tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.30, n.10/11, p.1309-1315, 1998.

GUNN, A. The use of mustard to estimate earthworm populations. **Pedobiologia**, v.36, p.65-67, 1992.

HAYNES, R.J.; DOMINY, C.S.; GRAHAM, M.H. Effect of agricultural land use on soil organic matter status and the composition of earthworm communities in KwaZulu-Natal, South Africa. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.95, p.453-464, 2003.

HELLING, B.; REINECKE, S.A.; REINECKE, A.J. Effects of the fungicide copper oxychloride on the growth and reproduction of *Eisenia fetida* (Oligochaeta). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.46, p.108-116, 2000.

HONG, Y.; JAMES, S.W. Five new earthworms of the genus *Amyntas* Kinberg (Megascolecidae) with four pairs of spermathecae. **Zoological Studies**, v.40, n.04, p.269-275, 2001.

IAPAR (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ). **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1994. 49p.

IAPAR (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ). **Cartas Climáticas do Paraná**. Versão 1.0. Londrina: IAPAR, 2000. (Em CD-Rom).

ISO/WD 23611-1. **Soil Quality – sampling of soil invertebrates**. Part 1: hand-sorting and formalin extraction of earthworms. Version 12. December, 2002. 18p.

IYAMUREMYE, F.; DICK, R.P. Organic amendments and phosphorus sorption by soils. **Advances in Agronomy**, v.56, p.139-185, 1996.

JAMES, S.W. Systematics, biogeography, and ecology of nearctic earthworms from eastern, central, southern, and southwestern United States. In: HENDRIX, P.F. **Earthworm Ecology and Biogeography in North America**. Boca Raton: CRC, 1995. p.29-51.

KONZEN, E.A. **Manejo e Utilização dos Dejetos de Suínos**. Concórdia: Embrapa-CNPASA, 1983, 32p. (Circular Técnica n.06).

LAVELLE, P. The structure of earthworm communities. In: SATCHELL, J.E. **Earthworm Ecology: from Darwin to vermiculture**. London: Chapman and Hall, 1983. p.449-466.

LAVELLE, P. MARTIN, A. Small-scale and large-scale effects of endogeic earthworms on soil organic matter dynamics in soils of the humid tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, v.24, n.12, p.1491-1498, 1992.

LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; CHARPENTIER, F.; GILOT, C.; ROSSI, J.P.; DEROUARD, L.; ANDRE, J.; PONGE, J.F.; BERNIER, N. Large-scale effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics. In: EDWARDS, C.A. **Earthworm Ecology**. Boca Raton: CRC, 1998. p.103-122.

LAWRENCE, A.P.; BOWERS, M.A. A test of the "hot" mustard extraction method of sampling earthworms. **Soil Biology and Biochemistry**, v.34, p.549-552, 2002.

LEE, K.E. Earthworms of tropical regions – some aspects of their ecology and relationships with soils. In: SATCHELL, J.E. **Earthworm Ecology: from Darwin to vermiculture**. London: Chapman and Hall, 1983. p.179-193.

LEE, K.E. Phenology. In: **Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use**. Florida: Academic Press, 1985a. p.67-88.

LEE, K.E. Populations and associations. In: **Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use**. Florida: Academic Press, 1985b. p.89-134.

LEE, K.E. Appendix: field sampling methods. In: **Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use**. Florida: Academic Press, 1985c. p.331-349.

LEE, K.E. Some trends and opportunities in earthworm research or: Darwin's children – the future of our discipline. **Soil Biology and Biochemistry**, v.24, p.1765-1771, 1992.

LINDNER, E.A. **Diagnóstico da Suinocultura e Avicultura em Santa Catarina**. [S.l.] FIESC/IEL, 1999. p.30-53.

LJUNGSTRÖM, P.-O. Introduction to the study of earthworm taxonomy. **Pedobiologia**, v.10, p.265-285, 1970.

LORENZ, K., PRESTON, C.M.; RASPE, S.; MORRISON, I.K.; FEGER, K.H. Litter decomposition and humus characteristics in Canadian and German spruce ecosystems: information from tannin analysis and <sup>13</sup>C CPMAS NMR. **Soil Biology and Biochemistry**, v.32, p.779-792, 2000.

MACHADO, M.A.M. Procedimentos metodológicos em física dos solos relacionados ao manejo dos solos. In: LIMA, M.R.; SIRTOLI, A.E.; SERRAT, B.M.; WISNIEWSKI, C.; ALMEIDA, L.; MACHADO, M.A.M.; MARQUES, R.; MOTTA, A.C.V.; KRIEGER, K.I.; OLIVEIRA, A.C.; FERREIRA, F.V. **Manual de Diagnóstico da Fertilidade e Manejo dos Solos Agrícolas**. 2ª. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2003. p.103-122.

MARQUES, R.; MOTTA, A.C.V. Análise química de solo para fins de fertilidade. In: LIMA, M.R.; SIRTOLI, A.E.; SERRAT, B.M.; WISNIEWSKI, C.; ALMEIDA, L.; MACHADO, M.A.M.; MARQUES, R.; MOTTA, A.C.V.; KRIEGER, K.I.; OLIVEIRA, A.C.; FERREIRA, F.V. **Manual de Diagnóstico da Fertilidade e Manejo dos Solos Agrícolas**. 2ª. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2003. p.81-102.

MARTINS, R. **Contribuição da Reserva de Potássio na Nutrição e Produção do Trigo em Solos do Município de Castro, Estado do Paraná**. Curitiba: UFPR, 2002. 94p. (Dissertação de Mestrado).

McCREDIE, T.A.; PARKER, C.A.; ABBOTT, I. Population dynamics of the earthworm *Aporrectodea trapezoides* in a Western Australian pasture. **Biology and Fertility of Soils**, n.12, n.04, p.285-289, 1992.

MEINICKE, A. **As Minhocas**. Ponta Grossa: COOPERSUL/Clube da Minhoca, 1983. 124p.

MELE, P.M.; CARTER, M.R. Species abundance of earthworms in arable and pasture soils in south-eastern Australia. **Applied Soil Ecology**, v.12, p.129-137, 1999.

MELO, V.F.; SINGH, B.; SCHAEFER, C.E.G R.; NOVAIS, R.F.; FONTES, M.P.F. Chemical and mineralogical properties of kaolinite-rich brazilian soils. **Soil Science Society of American Journal**, v.65, p.1324-1333, 2001.

MOTA, F.S. Temperatura do solo e plantas cultivadas. In: **Meteorologia Agrícola**. 7ª. São Paulo: Nobel, 1989. p.181-199.

MOUAT, M.C.H.; KEOGH, R.G. Adsorption of water-soluble phosphatase from earthworm casts. **Plant and Soil**, v.97, p.233-241, 1987.

OADES, J.M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. **Geoderma**, v.56, p.377-400, 1993.

PAOLETTI, M.G. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.74, p.137-155, 1999.

PAOLETTI, M.G.; SOMMAGGIO, D.; FAVRETTO, M.R.; PETRUZZELLI, G.; PEZZAROSSA, B.; BARBFIERI, M. Earthworms as useful bioindicators of agroecosystem sustainability in orchards and vineyards with different inputs. **Applied Soil Ecology**, v.10, p.137-150, 1998.

PEIXOTO, R.T.G.; MAROCHI, A.I. A influência da minhoca *Pheretima* sp. nas propriedades de um Latossolo Vermelho escuro álico e no desenvolvimento de culturas em sistema de plantio direto em Arapoti – PR. **Revista Plantio Direto**, v.35, p.23-25, 1996.

PEÑA, F.; TORRENT, J. Relationships between phosphate sorption and iron oxides in Alfisols from a river terrace sequence of Mediterranean Spain. **Geoderma**, v.33, p.283-296, 1984.

PERDOMO, C.C. **Sugestões para o Manejo, Tratamento e Utilização de Dejetos Suínos**. Concórdia: EMBRAPA/CNPISA, 1999. 1p. (Instrução Técnica).

POIER, K.R.; RICHTER, J. Spatial distribution of earthworms and soil properties in an arable loess soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.24, n.12, p.1601-1608, 1992.

RADEMACHER, J.J.; YOUNG, T.B.; KANAREK, M.S. Gastric cancer mortality and nitrate levels in Wisconsin drinking water. **Archives of Environmental Health**, v.47, p.292-294, 1992.

RAIJ, B. van. Nitrogênio. In: **Fertilidade do Solo e Adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1991a. p.163-179.

RAIJ, B. van. Fósforo. In: **Fertilidade do Solo e Adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1991b. p.181-203.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Interpretação de resultados de análise de solo. In: **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. 2ª. Campinas: Instituto Agronômico – Fundação IAC, 1996. p.01-42. (Boletim Técnico 100).

RAW, F. Estimating earthworm populations by using formalin. **Nature**, v.21, p.1661-1662, 1959.

REINEKE, A.J. The ecology of earthworms in southern Africa. In: SATCHELL, J.E. **Earthworm Ecology from Darwin to Vermiculture**. London: Chapman and Hall, 1983. p.195-207.

RESSETTI, R.R.; MILANI, C.; LORENÇATO, N.; YAMASHITA, M. **Densidade Populacional e Biomassa de Oligochaeta Edáficos nos Diferentes Ecossistemas no Setor de Ciências Agrárias da UFPR-Campus Juvevê (Curitiba-PR)**. Curitiba: UFPR, 2003. 8p. (não publicado).

REZENDE, J.O. Compactação e adensamento do solo, metodologia para avaliação e práticas agrícolas recomendadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Resumos Expandidos**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. (Em CD Rom).

RIGHI, G.R. **Invertebrados: a minhoca**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Educação e Cultura, 1966. 83p.

RIGHI, G.R. **Minhocas de Mato Grosso e de Rondônia**. Brasília: CNPq, 1990. 157p.

RIGHI, G.R. Minhocas da América Latina: diversidade, função e valor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Resumos Expandidos**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. (Em CD Rom).

ROSSI, J.P.; LAVELLE, P.; ALBRECHT, A. Relationships between spatial pattern of the endogeic earthworm *Polypheretima elongata* and soil heterogeneity. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, n.3/4, p.485-488, 1997.

RUF, A.; BECK, L.; DREHER, P.; HUND-RINKE, K.; RÖMBKE, J.; SPELDA, J. A biological classification concept for the assessment of soil quality: "biological soil classification scheme" (BBSK). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.98, p.263-271, 2003.

SATCHELL, J.E. Earthworm microbiology. In: **Earthworm Ecology: from Darwin to vermiculture**. London: Chapman and Hall, 1983. p.351-364.

SCHERER, E.E.; AITA, C.; BALDISSERA, I.T. **Avaliação da Qualidade do Esterco Líquido de Suínos da Região Oeste Catarinense para fins de Utilização como Fertilizante**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 46p. (Boletim Técnico n.79).

SCHMIDT, O.; CLEMENTS, R.O.; DONALDSON, G. Why do cereal-legume intercrops support large earthworm populations? **Applied Soil Ecology**, v.22, p.181-190, 2003.

SCHMIDT, O.; CURRY, J.P.; HACKETT, R.A.; PURVIS, G ; CLEMENTS, R.O. Earthworm communities in conventional wheat monocropping and low-input wheat-clover intercropping systems. **Annals of Applied Biology**, v.138, p.377-388, 2001.

SEGANGREDO, M.A. Os dejetos de suínos são um fertilizante ou um poluente de solo? **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v.16, n.03, p.129-141, 1999.

SILVA, F.C.M. **Tratamento dos Dejetos de Suínos Utilizando Lagoas de Alta Taxa de Degradação em Batelada**. Florianópolis: UFSC, 1996. 155p. (Dissertação de Mestrado).

SIMS, J.T.; SIMARD, R.R.; JOERN, B.C. Phosphorus loss in agricultural drainage: historical perspective and current research. **Journal of Environmental Quality**, v.27, p.277-293, 1998.

SIMS, R.W. The scientific names of earthworms. In: SATCHELL, J.E. **Earthworm Ecology: from Darwin to Vermiculture**. London: Chapman and Hall, 1983. p.365-373.

SIMS, R.W.; GERARD, B.M. Family Megascolecidae. In: **Earthworms - Synopsis of the British Fauna (New series)**. London: The Linnean Society of London, 1985. p.126-136.

SINNAEVE, J. Foreword. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. **Earthworm Management in Tropical Agroecosystems**. Oxon: CAB International, 1999. p.x-xi.

SPAIN, A.V.; LAVELLE, P.; MARIOTTI, A. Stimulation of plant growth by tropical earthworms. **Soil Biology and Biochemistry**, v.24, p.1629-1633, 1992.

STEHOUWER, R.C.; DICK, W.A.; TRAINA, S.J. Characteristics of earthworm burrow lining affecting atrazine sorption. **Journal of Environmental Quality**, v.22, p.181-185, 1993.

STEINER, R. As mais íntimas interações na Natureza: a relação entre agricultura, fruticultura e pecuária. In: **Fundamentos da Agricultura Biodinâmica – vida nova para a terra**. 2ª. São Paulo: Antroposófica, 2000. p.168-183.

TALAVERA, J.A. Lombrices de tierra presentes en la laurisilva de Tenerife (Islas Canarias). **Miscellània Zoològica**, v.11, p.93-103, 1987.

TANCK, B.; SANTOS, H.R.; DIONÍSIO, J.A. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional do Oligochaeta edáfico *Amyntas* spp.. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.409-415, 2000.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D.; HAVLIN, H.L. Soil and fertilizer nitrogen. In: **Soil Fertility and Fertilizers**. 5<sup>a</sup>. New York: Macmillan, 1993a. p.109-175.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D.; HAVLIN, H.L. Soil and fertilizer phosphorus. In: **Soil Fertility and Fertilizers**. 5<sup>a</sup>. New York: Macmillan, 1993b. p.176-229.

TOMLIN, A.D.; SHIPITALO, M.J.; EDWARDS, W.M.; PROTZ, R. Earthworms and their influence on soil structure and infiltration. In: HENDRIX, P.F. **Earthworm Ecology and Biogeography in North America**. Boca Raton: CRC, 1995. p.159-183.

VINOTHA, S.P.; PARTHASARATHI, K.; RANGANATHAN, L.S. Enhanced phosphatase activity in earthworm casts is more of microbial origin. **Current Science**, v.79, n.09, p.1158-1159, 2000.

VOSS, M. População de minhocas em diferentes sistemas de plantio. **Plantio Direto**, n.17, p.06-07, 1986.

YLI-OLLI, A.; HUHTA, V. Responses of co-occurring populations of *Dendrobaena octaedra* (Lumbricidae) and *Cognettia sphagnetorum* (Enchytraeidae) to soil pH, moisture and resource addition. **Pedobiologia**, v.44, p.86–95, 2000.

ZABORSKI, E.R. Allyl isothiocyanate: an alternative chemical expellant for sampling earthworms. **Applied Soil Ecology**, v.22, p.87-95, 2003.

**ANEXOS**

## ANEXO 1. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA DENSIDADE POPULACIONAL.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Ecosistemas	2	143394,815	71697,408	2997,9279**
Tratamentos	3	100314,078	33438,026	1398,1648**
Ecosist. x Tratamentos	6	137870,986	22978,498	960,8141**
Erro	72	1721,927	23,916	
Total	83	383301,806		
Teste de Bartlett - $\chi^2$			17,009 <sup>ns</sup>	
Coeficiente de Variação			5,61%	

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

## ANEXO 2. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA BIOMASSA.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Ecosistemas	2	20309,456	10154,728	3243,1915**
Tratamentos	3	4508,486	1502,829	479,9697**
Ecosist. x Tratamentos	6	12946,380	2157,730	689,1304**
Erro	72	225,439	3,131	
Total	83	37989,761		
Teste de Bartlett - $\chi^2$			18,513 <sup>ns</sup>	
Coeficiente de Variação			7,29%	

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

## ANEXO 3. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA BIOMASSA MÉDIA.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Ecosistemas	2	8648,170	4324,085	816,9257**
Tratamentos	3	3222,244	1074,081	202,9203**
Ecosist. x Tratamentos	6	1516,557	252,760	47,7525**
Erro	72	381,105	5,293	
Total	83	13768,076		
Teste de Bartlett - $\chi^2$			5,317 <sup>ns</sup>	
Coeficiente de Variação			8,59%	

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade

## ANEXO 4. PASSOS SEGUIDOS NA EXTRAÇÃO DOS OLIGOCHAETA EDÁFICOS.

Passos	Atividade
1º	escolha do ponto a ser amostrado
2º	preparação da solução extratora
3º	limpeza da superfície do ponto para retirada de vegetação e/ou resíduos presentes
4º	fixação manual do anel metálico
5º	aplicação da solução extratora em dose equivalente a 38,4 L m <sup>-2</sup> (5 L em 0,1301 m <sup>2</sup> )
6º	coleta com pinça metálica dos Oligochaeta extraídos
7º	fixação imediata dos Oligochaeta em um béquer plástico de 1 L contendo etanol 70%
8º	transferência e acondicionamento dos Oligochaeta em frascos plásticos de 250 mL